

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

В. М. Ладиженський, Т. В. Дмитренко, А. В. Іщенко

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
З ДИСЦИПЛІНИ**

ПРИКЛАДНА ГІДРОЕКОЛОГІЯ

*(для студентів 2-4 курсів денної і 3-5 курсів заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напрямів підготовки
6.040106 - "Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування")*

ХАРКІВ – ХНУМГ – 2013

Ладиженський В. М. Прикладна гідроекологія. Конспект лекцій (для студентів 2-4 курсів денної і 3-5 курсів заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напрямів підготовки 6.040106 - "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування") / В. М. Ладиженський, Т. В. Дмитренко, А. В. Іщенко; Харк. нац. ун-т. міськ. госп-ва. ім. О. М. Бекетова – Х.: ХНУМГ, 2013 –153 с.

Автори: В. М. Ладиженський,
Т. В. Дмитренко,
А. В. Іщенко

Рецензент: д.т.н., проф. Ф. В. Стольберг

Рекомендовано кафедрою інженерної екології та екологічної безпеки міст, протокол № 1 від 29.08.2011 р.

© В. М. Ладиженський, Т. В. Дмитренко,
А. В. Іщенко, ХНУМГ, 2013

З М І С Т

Вступ	5
Модуль 1. Використання та охорона вод. Загальні положення	6
ЗМ 1.1. Загальні питання водокористування та водовідведення	6
1. Водні об'єкти, класифікація, можливість використання.....	6
2. Види водокористування.....	9
3. Якість води. Показники якості води.....	10
4. Нормування якості води. Норми якості води, загальні вимоги до складу та властивостей води.....	11
5. Гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин у воді, нормовані речовини, лімітуючі ознаки шкідливості, класи небезпеки речовин.....	11
6. Алгоритм оцінки якості води. Методика оцінки якості води для господарчо-побутової, питної та рибогосподарської категорій водокористування.....	14
7. Визначення класу та категорії якості води водних об'єктів на основі екологічної класифікації.....	15
8. Якість питної води. Норми постачання води для населення.....	17
9. Вимоги до джерел питного водопостачання. Зони санітарної охорони джерел водопостачання.....	17
10. Централізоване та децентралізоване питне водопостачання.....	19
Контрольні питання	20
ЗМ 1.2. Джерела впливу на поверхневі водні об'єкти	21
11. Класифікація джерел впливу на поверхневі водні об'єкти.....	21
12. Утворення господарсько-побутових та міських стічних вод.....	21
13. Поверхневий стік з міської території і територій промислових підприємств....	25
14. Умови відведення зворотних вод у водні об'єкти. Принципи встановлення гранично допустимих скидів (ГДС).....	27
15. Принципи та заходи охорони вод.....	31
Контрольні питання	31
Модуль 2. Моделювання стану поверхневих вод	32
ЗМ 2.1. Моделі якості поверхневих вод	32
1. Визначення фонових концентрацій речовин у водних об'єктах.....	32
2. Прогноз якості води на заданій відстані від випуску стічних вод за методом Фролова-Родзіллера.....	37
3. Визначення кратності основного розбавлення.....	38
4. Визначення кратності начального розбавлення. Методика підбору параметрів водовипуску для забезпечення начального розбавлення.....	39
5. Математична модель Стрітера-Фелпса.....	42
6. Методика визначення граничнодопустимої концентрації $C_{ГДС}$ в стічній воді. Резерв асимілюючої здатності.....	42
7. Методика визначення $C_{ГДС}$ для одиночного водовипуску в межах населеного пункту...	43
8. Методика визначення $C_{ГДС}$ для одиночного водовипуску за межами населеного пункту.....	46
9. Методика визначення $C_{ГДС}$ для декількох водовипусків.....	48
Контрольні запитання	55
ЗМ 2.2. Внутрішньоводні процеси формування якості поверхневих вод	56
10. Екосистема. Основні процеси, що відбуваються в екосистемі: процеси самоочищення водних об'єктів, перенос речовини та енергії водним потоком, трансформація речовини.....	56
11. Процес формування якості води.....	56
12. Консервативні та неконсервативні речовини.....	57
13. Гідравлічні процеси формування якості води.....	57
14. Самоочищення водних об'єктів.....	58
15. Евтрофування водних об'єктів. Алохтонні та автохтонні чинники.....	59
16. Методи захисту та відновлення поверхневих водних об'єктів.....	60

Контрольні питання	60
Модуль 3. Рациональне використання водних ресурсів	61
ЗМ 3.1. Регулювання річкового стоку	61
1. Принципи регулювання річкового стоку	61
2. Переваги та негативні наслідки регулювання.....	61
3. Компенсаційні заходи щодо попередження та ліквідації негативних наслідків регулювання водотоків	62
4. Комплексне використання водосховищ.....	65
5. Дніпровський каскад водосховищ.....	67
6. Міжбасейновий перерозподіл річкового стоку.....	68
7. Використання та охорона підземних вод.....	69
8. Басейновий принцип управління водними ресурсами.....	72
9. Шкідливі дії вод.....	73
Контрольні питання	74
ЗМ 3.2. Рациональне використання вод у господарській діяльності	75
1. Використання води у комунальному господарстві.....	75
2. Рациональне використання вод у промисловості.....	75
2.1. Технічне водопостачання.....	75
2.2. Норми водопостачання у промисловості.....	79
2.3. Паспорт водного господарства підприємства.....	80
3. Рациональне використання вод у сільському господарстві.....	81
3.1. Зрошування сільськогосподарських культур.....	81
3.2. Використання води на тваринницьких комплексах.....	84
Контрольні питання	86
Модуль 4. Охорона водних ресурсів	87
ЗМ 4.1. Очистка стічних вод у комунальному господарстві і промисловості	87
1. Механічна очистка	89
2. Біологічна очистка.....	93
3. Фізико-хімічна очистка.....	100
4. Глибока очистка (доочистка) стічних вод.....	119
5. Загальноміські очисні споруди.....	121
6. Очисні споруди малих населених пунктів.....	123
7. Поводження з осадами, що утворюються при очищенні стічних вод.....	127
7.1. Мулові осади.....	127
7.2. Осади виробничих стічних вод.....	129
8. Охорона вод при видобутку корисних копалин.....	132
Контрольні питання	135
ЗМ 4.2. Очистка вод у сільській місцевості	137
1. Водоохоронні зони і прибережні захисні смуги.....	137
2. Охорона вод при зрошенні сільськогосподарських угідь.....	139
3. Охорона вод на тваринницьких комплексах.....	139
4. Рибогосподарські водні об'єкти.....	139
5. Використання водних об'єктів для рекреації.....	141
Контрольні питання	141
ЗМ 4.3. Охорона морського середовища	142
1. Правовий розподіл морської акваторії.....	142
2. Охорона моря при судноплаванні.....	145
3. Видобуток корисних копалин на континентальному шельфі.....	147
4. Захисна смуга морського узбережжя.....	148
5. Захист біологічних ресурсів моря.....	148
6. Морські аварії.....	148
7. Охорона і використання Чорного моря.....	149
Контрольні питання	151
Список джерел	152

ВСТУП

Це видання є конспектом лекцій, що викладаються студентам екологічного факультету Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова за напрямом підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

Згідно з навчальним планом, курс «Прикладна гідроекологія» вивчається протягом 4 семестрів і складається з 4 модулів:

1. Використання та охорона вод. Загальні положення.
2. Моделювання стану поверхневих вод.
3. Рациональне використання водних ресурсів.
4. Охорона водних ресурсів.

«Прикладна гідроекологія» як навчальна дисципліна дає знання про стан водних об'єктів та їх використання для особистих і суспільних потреб людини, джерела забруднення природних вод та зміни їхнього стану внаслідок дії різних чинників впливу, засоби охорони вод від забруднення та виснаження, шкідливі дії вод, засоби їх попередження та ліквідації наслідків цих дій.

Об'єктом дослідження гідроекології є гідросфера – одна із складових нашої планети.

Для вивчення «Прикладної гідроекології» потрібні знання, отримані при вивченні таких навчальних дисциплін, як «Загальна гідрологія», «Хімія», включаючи такі розділи, як загальна, аналітична, органічна, фізична хімія, електрохімія, радіохімія, «Біохімія та мікробіологія», «Фітотехнологія», «Екологічне право та експертиза», «Управління природоохоронною діяльністю», «Економіка природокористування».

У конспекті лекцій пропонується стислий зміст лекційного курсу з дисципліни «Прикладна гідроекологія», що означений у програмі й робочій програмі навчальної дисципліни, та рекомендується відповідна література.

МОДУЛЬ 1. ВИКОРИСТАННЯ ТА ОХОРОНА ВОД. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

ЗМ 1.1. Загальні питання водокористування та водовідведення

1. Водні об'єкти, класифікація, можливість використання

Гідросфера – це сукупність водних об'єктів: океанів та морів, водотоків та водойм, льодовиків, підземних вод. Загальний об'єм гідросфери, яка освоєна людством, складає приблизно 1,5 млрд. км³, поверхня гідросфери становить 89 % загальної площі Земної кулі.

Вода у гідросфері розподілена таким чином: в морях та океанах – 91,3 %, в підземних водах – 6,8 %, в льодовиках – 1,7 %, поверхневі води суші складають лише 0,2 % загального обсягу гідросфери.

Спостереження вказують, що завдяки глобальному потеплінню маса льодовиків зменшується, поповнюючи поверхневу та підземну складову.

Існує ще так зване Ювенільне море, яке простягається на глибині 10-12 км від земної поверхні, виходячи в деяких місцях на поверхню у вигляді гейзерів. Об'єм Ювенільного моря оцінюється в 11-13 млрд. км³. З Ювенільного моря щорічно до «видимої» гідросфери завдяки гейзерам та вулканам надходить близько 1 км³ води. Атмосферні опади, що випадають у вигляді дощу та снігу, також надходять до гідросфери як поверхневий стік.

Людство користується головним чином прісною водою, обсяг якої, здатний до використання, складає приблизно 20 тис. км³ на рік, тобто приблизно 3 тис. м³ на одного мешканця планети, що зовсім небагато, враховуючи те, що кількість людей на планеті постійно збільшується, а обсяг придатної для використання води зменшується внаслідок антропогенного забруднення водних об'єктів.

Поверхневі води суші містяться у поверхневих водних об'єктах, до яких відносяться: річки, струмки, канали, естуарії, лимани, озера, водосховища і пруди, льодовики. Канали, водосховища і пруди – це штучні водні об'єкти.

Річки, струмки та канали мають помітну швидкість течії води і відносяться до *водотоків*.

Річки поділяються на малі, середні та великі (табл. 1.1.).

Таблиця 1.1 – Класифікація річок за розміром

Категорія річки	Загальна площа водозбору, км ²	Витрата води *, м ³ /с	Швидкість течії *, м/с	Коливання рівня *, м
Мала	до 2000	до 5	до 0,2	до 1
Середня	2000-50000	5-100	0,2-1	1-2
Велика	понад 50000	понад 100	понад 1	понад 2

* – у непаводковий період

У період паводків витрати води, швидкість течії та коливання рівня істотно збільшуються, особливо в гірських районах.

Витрати води річок як статистичні величини визначаються ймовірною процентною забезпеченістю, наприклад, у середній за кількістю опадів рік витрати річкового стоку оцінюються як 50 % забезпеченість, у маловодні роки – 95 % і нижче, у багатоводні – 2-3 % і вище.

Канали – штучні водотоки, що прокладаються для судноплавства, перерозподілу стоку річок або для запобігання повеней при згінно-нагінних явищах. Русло каналу, як правило, робиться з залізобетону, рідше з кам'яної кладки, в окремих місцях канал забирається в трубу.

Струмки – невеличкі водотоки, що беруть початок від джерел.

Естуарій – це гирлова частина річки, що впадає в море безрукавним річищем.

В естуаріях напрямок течії зазвичай співпадає з напрямком вітру.

Естуарії класифікуються переважно за гідрологічним режимом: стокові, приливно-відливні, згінно-нагінні, а також за коливанням рівня: до 0,5 м – малі, від 0,5 до 1,0 м – середні, понад 1,0 м – великі.

Озера, лимани, водосховища та пруди, де помітна течія води відсутня, відносяться до *водойм*.

Лиман – це водойма, що утворилася шляхом відокремлення від річки або моря.

Водойми за розміром підрозділяються на 4 категорії (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Класифікація водойм за морфометричними параметрами

Категорія водойм	Площа поверхні, км ²	Обсяг, км ³	Максимальна глибина, м
Мала	до 10	до 0,5	до 5
Середня	10-100	0,5-1	5-10
Велика	100-1000	1-10	10-50
Дуже велика	понад 1000	понад 10	понад 50

Водойми характеризуються коливанням рівня води та кратністю водообігу.

Коливання рівня води та водообіг озер є результат притоки водотоків, що впадають в озеро, випаровування і витрат водотоків, що витікають з озера, з урахуванням витрат води, що забирається для водопостачання і зрошення.

Коливання рівня води та водообіг у водосховищах оцінюється величиною притоки у верхній б'єф і скидною витратою у нижній б'єф з урахуванням забору води для господарських цілей, а також розміром випаровування з поверхні водосховища і ймовірної фільтрації води в борти та в підземні горизонти. Розмір коливань рівня води озер і водосховищ визначають за різницею між найбільшими і найменшими рівнями, що спостерігаються за період спостережень. Коливання рівня поверхні водойми до 3 м відносяться до малих; коливання рівня від 3 до 20 м – до середніх, понад 20 м – до великих коливань рівня. Інтенсивною є кратність водообігу, що дорівнюється п'яти разів за рік; помірною – від 5 до 0,1; уповільненою – до 0,1.

Підземні води підрозділяються на водоносні горизонти та комплекси, з яких формуються басейни і родовища підземних вод.

Класифікаційні ознаки підземних вод приведені в табл. 1.3 і 1.4.

Таблиця 1.3 – Класифікація підземних вод за водністю

Категорія родовища підземних вод	Площа басейну, м ²	Товщина водоносного горизонту, м	Підземний стік, м ³ /с
Велике	понад 1000	понад 100	понад 100
Середнє	від 1000 до 100	від 100 до 10	від 10 до 100
Мале	до 100	до 10	до 10

Підземні води, що виходять на земну поверхню, називаються *джерелами*.

Моря поділяються на замкнені та відкриті.

Азовське та Чорне моря є замкненими. Відкриті моря мають безпосередній контакт з океаном.

Таблиця 1.4 – Класифікація підземних вод за характером водообігу та захищеності

Глибина залягання рівня води від денної поверхні, м	Характер залягання вод	Характер циркуляції вод	Гідравлічний зв'язок водоносних горизонтів	Характер водообігу	Захищеність підземних водоносних горизонтів
до 50	відкритий	шпаристо-карстовий	явний	активний	слабка
від 50 до 300	наявність «гідрологічних» вікон	шпаристий	неявний	уповільнений	середня
понад 300	ізолюваний	поровий	відсутній	дуже уповільнений	надійна

Льодовиків в Україні немає.

Людські поселення відвіку виникали по берегах річок, що служили джерелом водопостачання, а також слушним транспортним шляхом. Одночасно річки використовувались для видалення рідких та твердих відходів життєдіяльності людей та домашньої худоби, що призводило до їхнього забруднення, позбавляючи розташовані нижче за течією населені пункти можливості користуватися цим джерелом питного водопостачання. Річки ставали розповсюджувачами інфекційних захворювань таких, як: холера, дизентерія, черевний тиф та ін. Пройшло декілька тисячоліть, доки людство оволоділо можливістю попереджувати забруднення водних об'єктів шляхом очистки та знезараження рідких відходів.

З ростом благоустрою міст розташовані в міській зоні водойми і водотоки набувають усе більш важливе архітектурно-планувальне, рекреаційне та естетичне значення. Завдяки комфортному мікроклімату і привабливій естетиці міські набережні є найбільш престижним районом розселення, улюбленим місцем прогулянок громадян. Чистота водних об'єктів, архітектурна облаштованість, озеленення берегів і прибережної частини є важливою турботою міської адміністрації.

Вода є одним з найбільш поширених для споживання природним ресурсом.

Основні види використання води:

- задовільнення питних та побутових потреб населення;
- сировина та компонент технологічних процесів у промисловості;
- зрошування рослинності;
- транспортування сировини та відходів;
- санітарне оздоблення міських територій;
- пожежогасіння.

Основні види використання водних об'єктів:

- забір води для питного і технічного водопостачання, для зрошування та інших потреб;
- рибальство та риборозведення;

- судноплавство;
- виробіток електроенергії;
- рекреація;
- прийом стічних та інших зворотних вод.

Кожен вид водокористування здійснюється з дотриманням вимог економної витрати води і захисту водних об'єктів від забруднення та виснаження. Ці вимоги регламентуються чинним водоохоронним законодавством.

2. Види водокористування

Водокористування у правовому відношенні, згідно з Водним кодексом України, поділяється на загальне та спеціальне.

Загальне водокористування здійснюється громадянами для задоволення своїх потреб: купання, плавання на човнах, любительське і спортивне рибальство, водопій тварин, забір води з водних об'єктів без застосування споруд або технічних пристроїв та з криниць. Загальне водокористування здійснюється безкоштовно, без надання відповідних дозволів. У деяких випадках можливо обмеження загального водокористування з метою охорони життя і здоров'я громадян та охорони навколишнього природного середовища. Місцеві органи самоврядування встановлюють правила загального водокористування та вказують місця його здійснення.

До спеціального водокористування відноситься забір води з водних об'єктів із застосуванням споруд або технічних пристроїв та скид зворотних вод у водні об'єкти. Спеціальне водокористування здійснюється насамперед для задоволення питних потреб населення, а також для господарсько-побутових, лікувальних, оздоровчих, сільськогосподарських, промислових, транспортних, енергетичних, рибогосподарських та інших державних і громадських потреб.

Спеціальне водокористування є платним і здійснюється на підставі дозволу, що видається в установленому порядку. Видача дозволу на спеціальне водокористування здійснюється за клопотанням водокористувача. У клопотанні на погодження умов і отримання дозволу на спеціальне водокористування вказується:

- найменування підприємства-водокористувача та його реквізити;
- виробнича потужність підприємства, кількість робітників, робочих днів за рік;
- мета водокористування;
- найменування водного об'єкту та його характеристика (мінімальна середньомісячна витрата води у річці $P = 95 \%$, $\text{м}^3/\text{с}$; склад води в створі водокористування за даними гідрометслужби);
- створ водозабору або місце розташування свердловин, що використовуються для водопостачання;
- перелік та потужність споруд для забору води;
- наявність та конструкція рибозахисних споруд;
- зона санітарної охорони водозабору;
- забір води з поверхневих джерел, підземних джерел, з водопроводу (у $\text{м}^3/\text{добу}$ і тис. $\text{м}^3/\text{рік}$);

- витрати води на виробничі та господарсько-питні потреби;
- передача води іншим підприємствам;
- витрати води в системах оборотного та повторного водопостачання;
- кількість стічних вод, що скидаються у водний об'єкт загалом, окремо по кожному випуску;
- кількість стічних вод, що скидаються до міської каналізації;
- засоби очистки стічних вод, проектна потужність очисних споруд;
- кількість стічних вод, що скидаються на поля фільтрації, поля зрошення та таке інше;
- якісна характеристика стічних вод по кожному випуску з переліком нормованих речовин згідно з розрахунками ГДС, які додаються;
- засоби обліку вод, що надходять з різних джерел та скидаються;
- перелік заходів з охорони та раціонального використання вод з зазначенням термінів виконання, кошторисної вартості, водоохоронного ефекту, що очікується.

Дозвіл на спеціальне водокористування видається на підставі клопотання державними органами охорони навколишнього природного середовища на певний строк.

Строки спеціального водокористування:

- короткострокове – до трьох років;
- довгострокове – до двадцяти п'яти років.

У разі скиду стічних вод до водного об'єкту дозвіл видається на строк не більш ніж до 3-х років. Довгостроковий дозвіл видається для здійснення централізованого питного водопостачання. Продовження строку спеціального водокористування здійснюється за поданням клопотання.

3. Якість води. Показники якості води

Якість води – це характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретних видів використання і як середовище безпечного існування гідробіонтів.

Якісний склад води визначається фізичними, хімічними та біологічними показниками.

Фізичні показники: температура, °С; запах, бали; прозорість, см водного стовпчика; кольоровість, градуси забарвлення води; вміст завислих речовин, мг/дм³.

Хімічні показники: рН; концентрація розчинених мінеральних та органічних сполук, мг/дм³; хімічне споживання кисню (ХСК), мгО/дм³; біохімічне споживання кисню (БСК), мгО₂/дм³; мінералізація, мг/дм³.

Біологічні показники поділяються на бактеріологічні та гідробіологічні.

Бактеріологічні показники визначають можливу наявність у воді хвороботворних мікробів, які потрапляють у воду з організму хворої людини. Ймовірне мікробне зараження води визначається за допомогою тест-об'єктів – кишкових паличок, які постійно мешкають у людському організмі. Наявність у воді кишкових паличок вказує, що до водного об'єкту потрапила певна кількість побутових стічних вод.

Гідробіологічні показники складаються з окремих особливостей поведінки та життєдіяльності гідробіонтів у зв'язку з наявністю і ступеню забруднення водних об'єктів. Це може бути перехід окремих гідробіонтів з забруднених зон до незабруднених, їх видове різноманіття, розвиток окремих форм і пригнічення інших, коливання загальної чисельності і біомаси водних організмів та водоростей.

Метод оцінки якості води, як середовища мешкання гідробіонтів, за видовим складом і показниками кількісного розвитку видів-індикаторів та за структурою утворених ними угруповань має назву *біоіндикація*.

Біоіндикатори якості води – це організми, присутність яких у водному об'єкті, їх кількість, а також особливості розвитку вказують на перебіг внутрішньоводоймних процесів і вплив алохтонних чинників на формування якості води.

4. Нормування якості води. Норми якості води, загальні вимоги до складу та властивостей води

Для оцінки можливостей використання води з водних об'єктів для потреб населення та галузей економіки встановлені такі нормативи екологічної безпеки водокористування:

- загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів;
- гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин у воді водних об'єктів, які використовуються для питних, господарсько-побутових та інших потреб населення (санітарно-гігієнічні нормативи);
- ГДК речовин у воді водних об'єктів, які використовуються для потреб рибного господарства (рибогосподарські нормативи).

Загальні вимоги до складу і властивості води водних об'єктів (табл. 1.5) містять санітарно-гігієнічні та рибогосподарські нормативи фізичних, узагальнених хімічних та бактеріологічних показників, а також ряд декларативних заборон.

5. Гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин у воді, нормовані речовини, лімітуючі ознаки шкідливості, класи небезпеки речовин

Нормативи прийнятого для певних видів водокористування вмісту розчинених у воді водних об'єктів хімічних речовин визначаються переліками гранично допустимих концентрацій (ГДК). Нормативи ГДК та інші нормативи екологічної безпеки розробляються і затверджуються:

- для водних об'єктів, вода яких використовується для питних, господарсько-побутових та інших потреб населення – установами та організаціями Міністерства охорони здоров'я;
- для водних об'єктів, вода яких використовується для рибогосподарських потреб – установами та органами рибного господарства.

Перелік санітарно-гігієнічних ГДК на цей час налічує понад 2000 речовин, рибогосподарських – понад 1500 речовин. Переліки ці постійно збільшуються, бо, згідно з водоохоронним законодавством, скид стічних вод,

що містять речовини, для яких не встановлено нормативів ГДК, у водні об'єкти, заборонено.

Таблиця 1.5 - Загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів

Показники складу і властивостей води водного об'єкту	Види водокористування			
	Господарсько-питне водопостачання	Рекреація, а також водні об'єкти, в межах населених пунктів	Рибогосподарські	
вищої та першої категорії			другої категорії	
Завислі речовини	При скиді зворотних вод концентрація завислих речовин у контрольному створі не повинна збільшуватися на: 0,25 мг/л 0,75 мг/л 0,25 мг/л 0,75 мг/л Для водотоків, що містять у межінь понад 30 мг/л завислих речовин природного походження, допускається їх збільшення у воді до 5%. Вміст у воді завислих речовин техногенного походження, таких як: пластівці гідроксидів металів, частки азбесту, скловолокна, базальту, капрону, лавсану та інш., нормується за ГДК.			
Плаваючі домішки (речовини)	На поверхні води не повинні виявлятися плівки нафтопродуктів, жирів, мастил та скупчення інших домішок.			
Кольоровість	Не повинна виявлятися у стовпчику води: 20 см 10 см		Вода не повинна набувати іншого кольору	
Запахи, присмаки	Вода не повинна набувати запахів інтенсивністю більшою 1 бала, що виявляються безпосередньо або при хлоруванні чи при інших засобах обробки	безпосередньо	Вода не повинна надавати запахів та присмаків, непритаманних м'ясу риби	
Температура	Внаслідок скиду підігрітих вод температура води у водному об'єкті не повинна підвищуватися улітку більш ніж на 3 °C у порівнянні з середньомісячною температурою води найтеплішого місяця за останні 10 років		улітку більш ніж до 28 °C і до 8 °C у зимку	
Водневий показник pH	Не повинен виходити за межі 6,5-8,5			
Мінералізація	Не повинна перевищувати 1000 мг/л		Не нормується	
Розчинений кисень	Концентрація у воді не повинна бути нижчою ніж 4 мг/л Відбір проб води на вміст кисню повинен здійснюватися до 12 години ранку		Концентрація у воді не повинна бути нижчою ніж: 6 мг/л 4 мг/л – у зимку 6 мг/л - улітку	
Біохімічне споживання кисню	При температурі 20 °C не повинне перевищувати 3 мг/л 6 мг/л		3 мг/л	
Хімічне споживання кисню	Не повинне перевищувати 15 мг/л 30 мг/л		Не нормується	
Хімічні речовини	Вміст у воді водних об'єктів не повинен перевищувати нормативи ГДК для відповідного виду водокористування			
Збудники захворювань	У воді водних об'єктів не повинні визначатися збудники захворювань, в тому числі життєздатні яйця гельмінтів та цисти патогенних кишкових найпростіших			
Лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП)	не більше 10000 в 1 л води 5000 в 1 л води		Не нормуються	
Коліфаги (у бляшко-утворюючих одиницях)	не більше 100 в 1 л води		Не нормуються	
Токсичність води	Не нормується		Зворотні води при скиді у водний об'єкт не повинні чинити гострого токсичного впливу на тестові гідробіонти. В контрольному створі водного об'єкту не повинен чинитися хронічний токсичний вплив на тестові гідробіонти	

Нормативи ГДК для деяких найбільш поширених у виробництві та у побуті речовин наведені у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Скорочений перелік нормативів ГДК

Найменування речовин	Господарсько-питне водопостачання			Рибогосподарське	
	ГДК, мг/л	Лімітуюча ознака шкідливості	Клас небезпеки	ГДК, мг/л	Лімітуюча ознака шкідливості
1	2	3	4	5	6
1. Азот амонійний	2,0	с-т	3	0,5	токс.
2. Алюміній	0,5	с-т	2	0,04	токс.
3. Ацетон	2,2	заг.	3	0,05	токс.
4. Барій	0,1	с-т	2	2,0	орг.
5. Бензол	0,5	с-т	2	0,5	токс.
6. Гідрохінон	0,2	орг.	4	0,001	токс.
7. Гліцерин	0,5	заг.	4	1,0	с-т.
8. ДДТ (технічний)	0,1	с-т	2		
9. Діетиленгліколь	1,0	с-т	3	0,05	токс.
10. Залізо загальне	0,3	орг.	3	0,05	токс.
11. Жири рослинні та тваринні	нормуються за БСК				
12. Ізопрен	0,005	орг.	4	0,01	с-т.
13. Кадмій	0,001	с-т	2	0,005	токс.
14. Капролактамі	1,0	заг.	4	0,01	токс.
15. Карбофос	0,05	орг.	4	0	токс.
16. Кобальт	0,1	с-т	2	0,005	токс.
17. Ксілол	0,05	орг.	3	0,05	орг.
18. Фарбники синтетичні (кислотні)	0,02-0,2	орг.	4	0,25	с-т.
19. Латекс ЛМФ	6,0	орг.	4	0,1	орг.
20. Марганець	0,1	орг.	3	0,01	токс.
21. Мідь	0,1	орг.	3	0,005	токс.
22. Метанол	3,0	с-т	2	0,1	с-т.
23. Метафос	0,5	орг.	4	0	токс.
24. Мочевина	1,0	заг.	4	80,0	с-т.
25. Миш'як	0,05	с-т	2	0,05	токс.
26. Натрій	200,0	с-т	2	-	-
27. Нафта та нафтопродукти	0,3	орг.	4	0,05	рибгосп.
28. Нікель	0,1	с-т	3	0,01	токс.
29. Нітрати	45,0	с-т	3	40,0	с-т.
30. Нітрити	3,3	с-т	2	0,08	токс.
31. Поліакриламід	2,0	с-т	2	0,41	токс.
32. Ртуть	0,0005	с-т	1	0,0001	токс.
33. Свинець	0,03	с-т	2	0,1	токс.
34. Селен	0,01	с-т	2	0,0016	токс.
35. СПАР	0,5	орг.	4		
36. Стірол	0,1	орг.	3	0,1	орг.
37. Стронцій	7,0	с-т	2	10,0	токс.
38. Сульфати	500,0	орг.	4	100,0	с-т.
39. Сульфід	0	заг.	3	-	-
40. Тіофос	0,003	орг.	4	-	-
41. Титан	0,1	заг.	3	-	-
42. Толуол	0,5	орг.	4	0,5	орг.
43. Оцетна кислота	1,0	заг.	4	0,01	токс.
44. Фенол	0,001	орг.	4	0,001	рибгосп.
45. Формальдегід	0,05	с-т	2	0,01	заг.
46. Фосфати	3,5	заг.	4	-	-
47. Хлориди	350,0	орг.	4	300,0	с-т.
48. Хром трьохвалентний	0,5	с-т	3	-	-
49. Хром шестивалентний	0,05	с-т	3	0,001	с-т.
50. Ціаніди	0,1	с-т	2	0,05	токс.
51. Цинк	1,0	заг.	3	0,01	токс.
52. Етанол	-	-	-	0,01	токс.

Нормативи екологічної безпеки використовуються для поточного контролю якості води водних об'єктів, для розрахунків гранично допустимих скидів зворотних вод у водні об'єкти і планування на цій підставі водоохоронних заходів для конкретних водокористувачів. В особливих випадках, наприклад, при використанні водних об'єктів для лікувальних, курортних, оздоровчих, рекреаційних та інших цілей, можуть встановлюватись більш суворі нормативи екологічної безпеки.

6. Алгоритм оцінки якості води. Методика оцінки якості води для господарчо-побутової, питної та рибогосподарської категорій водокористування

Методика оцінки якості води щодо господарсько-побутової і питної категорій водокористування

Водні об'єкти можна вважати придатними для господарсько-побутової (г-п) і питної (п) категорій водокористування, якщо одночасно дотримані наступні умови:

– не порушуються загальні вимоги (ЗВ) щодо складу і властивостей води для відповідної категорії водокористування;

– для речовин, що належать до 3 і 4 класів небезпеки (КН), дотримуються умови:

$$C \leq (ГДК), \quad (1.1)$$

де C – концентрація речовини у водному об'єкті, $г/м^3$;

– для речовин, що належать до 1 і 2 класів небезпеки з однаковими лімітуючими ознаками шкідливості (ЛОШ), дотримуються умови:

$$\sum \frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1. \quad (1.2)$$

Методика оцінки якості води щодо рибогосподарської категорії водокористування

Вода водних об'єктів вважається придатною для рибогосподарської (р-г) категорії водокористування, якщо одночасно дотримані наступні умови:

– не порушуються загальні вимоги до складу і властивостей води для відповідної рибогосподарської категорії водокористування;

– для речовин, єдиних у своїй ЛОШ, дотримуються умови, зазначені у формулі 1.1;

– для речовин, що належать до однакової ЛОШ, дотримуються умови, зазначені у формулі 1.2.

Примітки:

- ♦ рівність нормативу не вважається його порушенням;
- ♦ якщо порушені норми якості води хоча б за одним показником, вода вважається непридатною для відповідної категорії водокористування. Проте на практиці прийнято називати ті речовини, показники або ЛОШ, за якими відбувається порушення якості води;

- ♦ для речовин, які нормуються за ЛОШ, у разі порушення якості води вважається, що норми якості води порушені для всіх речовин, котрі входять до цієї ЛОШ.

Послідовність оцінки якості води.

Для оцінки якості води водного об'єкта необхідно:

- мати натурні дані, що характеризують значення показників якості води у водному об'єкті;
- визначити, для якої категорії водокористування проводиться оцінка;
- для кожного показника або речовини, за якою проводиться оцінка, на підставі нормативних документів визначають ЗВ або ГДК, ЛОЩ, КН (для господарсько-побутової і питної категорій);
- провести оцінку якості води щодо відповідної категорії водокористування на основі наведеної методики.

7. Визначення класу та категорії якості води водних об'єктів на основі екологічної класифікації

Для оцінки стану водотоків та водойм і визначення комплексу водоохоронних заходів для підвищення їх екологічного благополуччя користуються екологічними нормативами якості поверхневих вод, які передбачають розподіл водних об'єктів на 5 класів та 7 категорій за якістю води.

Загальна характеристика водних об'єктів за класами і категоріями якості води наведена у табл. 1.7.

Для визначення класу і категорії певного водного об'єкту користуються низкою критеріїв:

- критерії забруднення компонентами сольового складу (табл. 1.8.);
- еколого-санітарні критерії (табл. 1.9.);
- критерії вмісту специфічних речовин токсичної дії (табл. 1.10.);
- критерії специфічних показників радіаційної дії (табл. 1.11.).

Користуючись таблицями 1.8-1.11, екологічні нормативи якості води поверхневих вод визначаються як середньоарифметичні значення класу і категорії показників фактичного складу води водного об'єкта. При підрахунках дробові значення класів і категорій слід округляти до цілого більшого числа.

Таблиця 1.7 – Класи і категорії якості поверхневих вод за екологічною класифікацією

Клас якості води	I		II		III		IV	V
Категорія якості води	1		2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості води за їх станом	Відмінні	Добрі		Задовільні			Погані	Дуже погані
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі	Задовільні	Посередні		Погані	Дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості)	Дуже чисті	Чисті		Забруднені			Брудні	Дуже брудні
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені		Брудні	Дуже брудні
Трофність (переважаючий тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні			Політрофні	Гіпертрофні
	Оліготрофнолігомезотрофні	Мезотрофні	Мезоевтрофні	Евтрофні	Евполітрофні		Політрофні	Гіпертрофні
Сапробність	Олігосапробні		β-мезосапробні		α-мезосапробні			Поліапробні
	β-олігосапробні	α-олігосапробні	β'-мезосапробні	β''-мезосапробні	α'-мезосапробні	α''-мезосапробні		Поліапробні

Таблиця 1.8 – Класифікація якості прісних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Показники, мг/л	Клас якості води						
	I	II		III		IV	V
	Категорія якості води						
	1	2	3	4	5	6	7
Сума іонів	1000-1500	1501-2000	2001-2500	2501-3000	3001-3500	3501-4000	> 4000
Хлориди	≤ 200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	> 1200
Сульфати	≤ 400	401-800	801-900	901-1000	1001-1100	1101-1200	> 1200

Екологічні нормативи якості води поверхневих вод дають змогу розробляти стратегію водоохоронних заходів з метою переведення водного об'єкта з однієї категорії до іншої, більш чистої категорії. При цьому слід достеменно встановити техногенне походження забруднюючого чинника, бо в разі природного забруднення клас якості води водного об'єкта залишається незмінним.

Таблиця 1.9 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод за еколого-санітарними критеріями

Показники	Клас якості води						
	I	II		III		IV	V
	Категорія якості води						
	1	2	3	4	5	6	7
Завислі речовини, мг/л	< 5	5-10	11-20	21-30	31-50	51-100	> 100
Прозорість, м	> 1,50	1,00-1,50	0,65-0,95	0,50-0,60	0,35-0,45	0,20-0,30	< 0,20
pH	6,9-7,0	6,7-6,8	6,5-6,6	6,3-6,4	6,1-6,2	5,9-6,0	<5,9->8,7
Азот амонійний, мг/л	< 0,10	0,10-0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	> 2,50
Азот нітритний, мг/л	< 0,002	0,002-0,005	0,006-0,010	0,011-0,020	0,021-0,050	0,051-0,100	>0,100
Азот нітратний, мг/л	< 0,20	0,20-0,30	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-1,00	1,01-2,50	> 2,50
Фосфор фосфатів, мг/л	< 0,015	0,015-0,030	0,031-0,050	0,051-0,100	0,101-0,200	0,201-0,300	>0,300
Розчинений кисень, мг/л	> 8,0	7,6-8,0	7,1-7,5	6,1-7,0	5,1-6,0	4,0-5,0	< 4,0
Біхроматна окислюваність, мгО/л	< 9	9-15	16-25	26-30	31-40	41-60	> 60
БСК 5, мгO2/л	< 1,0	1,0-1,6	1,7-2,1	2,2-4,0	4,1-7,0	7,1-12,0	> 12,0

Таблиця 1.10 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії

Показники, мкг/л	Клас якості води						
	I	II		III		IV	V
	Категорія якості води						
	1	2	3	4	5	6	7
Ртуть	< 0,02	0,02-0,05	0,06-0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	> 2,50
Кадмій	< 0,1	0,1	0,2	0,3-0,5	0,6-1,5	1,6-5,0	> 5,0
Мідь	< 1	1	2	3-10	11-25	26-50	> 50
Цинк	< 10	10-15	16-20	21-50	51-100	101-200	> 200
Свинець	< 2	2-5	6-10	11-20	21-50	51-100	> 100
Хром загальний	< 2	2-3	4-5	6-10	11-25	26-50	> 50
Нікель	< 1	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	> 100
Миш'як	< 1	1-3	4-5	6-15	16-25	26-35	> 35
Залізо загальне	< 50	50-75	76-100	101-500	501-1000	1001-2500	> 2500
Марганець	< 10	10-25	26-50	51-100	101-500	501-1250	> 1250
Фториди	< 100	100-125	126-150	151-200	201-500	501-1000	> 1000
Ціаніди	0	1-5	6-10	10-25	26-50	51-100	> 100
Нафтопродукти	< 10	10-25	26-50	51-100	101-200	201-300	> 300
Феноли (леткі)	0	< 1	1	2	3-5	6-20	> 20
СПАР	0	< 10	10-20	21-50	51-100	101-250	> 250

Таблиця 1.11 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод за критеріями специфічних показників радіаційної дії

Показники, Бк/л	Клас якості води						
	I	II		III		IV	V
	Категорія якості води						
	1	2	3	4	5	6	7
Сумарна β-активність	< 0,163	0,163-0,206	0,207-0,279	0,280-0,390	0,391-5,550	5,560-9,99	> 9,99
⁹⁰ Sr	< 0,023	0,023-0,028	0,029-0,036	0,037-0,111	0,112-1,43	1,44-3,33	> 3,33
¹³⁷ Cs	< 0,0044	0,0044-0,0095	0,0096-0,0185	0,0186-0,185	0,186-5,55	5,56-55,5	> 55,5

8. Якість питної води. Норми постачання води для населення

Потреба у прісній воді постійно зростає, а кількість доступних до використання водних ресурсів зменшується внаслідок забруднення поверхневих вод та виснаження підземних вод. Спостерігається стале зростання водного дефіциту, що відбивається на життєвих умовах населення, розвитку промисловості, сільського та рибного господарства. Кількісно зростаюче людство швидко наближається до ресурсної межі використання прісних вод, а в деяких регіонах ця межа вже давно досягнута і, навіть, перевищена. З метою віддалення часу вичерпання ресурсів прісних вод здійснюється комплекс заходів з раціонального водокористування.

Основним споживачем якісної прісної води є населення. Фізіологічна потреба у питній воді становить до 3 л на одну людину за добу.

Споживання води для побутових потреб залежить від благоустрою житлового фонду (табл. 1.12).

Таблиця 1.12 – Питоме споживання води для побутових потреб

Особливості благоустрою житлового фонду	Споживання води одним мешканцем, л/добу
Джерело питної води розташоване за межами садиби	5-6
Джерело води розташоване в садибі за межами будинку	8-10
Централізоване водопостачання, але немає каналізації	25-30
Централізоване постачання холодної води і каналізація	125-160
Централізоване постачання холодної та гарячої води і каналізація	200-250

У 70-80 роках минулого сторіччя споживання води громадянином у деяких містах сягало до 500 л/добу і більше. Починаючи з кінця ХХ сторіччя, у зв'язку з обмеженістю водних ресурсів питоме споживання питної води поступово зменшується і зараз у деяких європейських країнах (Франція, Велика Британія) обмежено до 180 л/добу.

Нажаль, при централізованому водопостачанні значні обсяги води втрачаються через витоки та аварії на водогонах. Ці витрати зазвичай відносять до питомого водоспоживання населення.

9. Вимоги до джерел питного водопостачання. Зони санітарної охорони джерел водопостачання

Стан та якість поверхневих вод, що використовуються як джерела централізованого водопостачання, повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормативам (Тема 5). Охорона джерел питного водопостачання від забруднення та виснаження має мати запобіжний характер. З цією метою влаштовуються

зони санітарної охорони джерел централізованого господарсько-питного водопостачання. В межах цих зон встановлюється особливий режим господарської діяльності, спрямований на уникнення забруднення та виснаження природних вод.

Зони санітарної охорони джерел водопостачання складаються з трьох поясів.

Перший пояс (суворого режиму) включає територію розміщення водозабору. На водотоках межа першого поясу встановлюється на відстані від водозабору уверх проти течії – не менше 200 м, униз за течією – не менше 100 м, по берегу – не менше 100 м від урізу води, до протилежного берега – не менше 100 м по акваторії, а при ширині річки менше 100 м – вся акваторія і 50 м від урізу води по протилежному берегу. На водоймах – у радіусі 100 м від водозабору по акваторії і берегу. Межа першого поясу визначається на акваторії попереджувальними буйками, на суходолі – попереджувальними табличками з відповідним написом.

На водозаборах підземних вод перший пояс охоплює свердловину і водозабірні споруди. Радіус першого поясу становить 15-50 м залежно від захищеності горизонтів підземних вод. Територія першого поясу водозабору підземних вод огорожується парканом. Вхід до неї сторонніх осіб заборонено.

У межах першого поясу забороняється проживання людей, в тому числі працюючих на водозаборі, скидання стічних вод, купання, вилов риби, водопій худоби та інші види водокористування, що впливають на якість води. Забороняється перебування сторонніх осіб, розміщення житлових і громадських будівель, причалів плаваючих засобів, будь-яке будівництво, за винятком такого, що потрібне для експлуатації водопроводу.

Другий і третій пояси (обмеження і спостереження) включають територію, що повинна забезпечити охорону джерел централізованого питного водопостачання від мікробного та хімічного забруднення.

Межа *другого* поясу встановлюється на водотоках уверх проти течії на відстані добігання води не менше 3 діб до водозабору, униз за течією – 250 м; бічні межі 500-1000 м залежно від рельєфу; на водоймах – у радіусі не менше 3 км від водозабору.

На водозаборах підземних вод зовнішня межа *другого* поясу встановлюється на відстані від водозабору розрахунковим шляхом, виходячи з умов втрати життєздатності патогенними мікроорганізмами, що для ґрунтових вод складає 400 діб, для міжпластових вод 100-200 діб.

У межах *другого* поясу забороняється розміщення кладовищ, скотомогильників, полів асенізації та фільтрації, систем зрошування стічними водами, гноєсховищ, полігонів твердих відходів, біологічних ставків та мулових майданчиків, тваринницьких та птахівничих підприємств, влаштування літніх таборів для худоби та випасання її не ближче ніж 300 м від берега водного об'єкту, осушення та розорювання земель, садівництво та городництво.

Межа *третього* поясу на водотоках і водоймах по акваторії збігається з межею *другого* поясу, а по суходолу становить 3-5 км від урізу води.

Для водозаборів підземних вод межа *третього* поясу визначається розрахунковим шляхом, виходячи з терміну проникнення хімічного забруднення до водозабору за період його експлуатації, але не менш ніж за 25 років.

У межах зони санітарної охорони джерел водопостачання забороняється застосування пестицидів і мінеральних добрив, вирубка дерев, скид стічних вод, що не відповідають санітарним нормам і правилам, розміщення складів пально-мастильних матеріалів, пестицидів і мінеральних добрив, накопичувачів промислових стічних вод, нафтопроводів, шламосховищ, звалищ твердих побутових та промислових відходів, розробка надр, видобування піску та гравію, днопоглиблювальні роботи.

У зоні санітарної охорони джерел водопостачання здійснюється постійний моніторинг за станом довкілля. Водогони, що проходять незабудованою територією, також мають санітарно-захисну смугу, ширина якої становить 10-50 м в залежності від діаметра труби і вологості ґрунтів. На забудованих територіях ширина санітарно-захисної зони встановлюється згідно з особливостями забудови. У межах санітарно-захисної зони водогонів не повинні знаходитися джерела забруднення ґрунтів та ґрунтових вод. Забороняється прокладка водогонів по звалищах відходів, полях фільтрації та зрошення, кладовищам, скотомогильникам, територіями підприємств.

Вода перед тим, як потрапити з джерел до мережі централізованого господарсько-питного водопостачання, проходить необхідну водопідготовку і отримує склад та властивості відповідно Державним правилам і нормам «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». Склад питної води контролюється за мікробіологічними, хімічними та органолептичними показниками, а також за радіаційною безпекою.

В питній воді не повинні виявлятися кишкові палички фекальних коліформ, коліфаги, патогенні мікроорганізми, гельмінти. Нормується вміст таких речовин, як барій – 0,1 мг/л, миш'як – 0,01 мг/л, селен – 0,01 мг/л, свинець – 0,01 мг/л, нікель – 0,1 мг/л, фтор – 1,5 мг/л, мідь – 1,0 мг/л, марганець – 0,1 мг/л, залізо – 0,3 мг/л. Для деяких показників встановлено певний граничнодопустимий інтервал залежно від конкретних умов, що склалися: загальна мінералізація 1000-1500 мг/л, сульфати 250-500 мг/л, хлориди 250-350 мг/л, алюміній 0,2-0,5 мг/л. Нормується вміст речовин, які можуть утворитися під час хлорування води: хлорфеноли – 0,0003 мг/л, хлороформ – 0,06 мг/л, дібромхлорметан – 0,01 мг/л, тетрахлорвуглець – 0,002 мг/л.

Радіаційна безпека питної води визначається гранично допустимими рівнями альфа-випромінювань – 0,1 Бк/л, бета-випромінювань – 1,0 Бк/л.

Контроль за якістю питної води, станом і якістю води джерел питного водопостачання здійснюється санітарно-епідеміологічною службою.

10. Централізоване та децентралізоване питне водопостачання

Комунальне господарство, яке забезпечує водою питної якості населення та промисловість, є одним з основних споживачів водних ресурсів і в той же час одним з потенційних забруднювачів природних вод, бо здійснює водовідведення стічних і більшості інших зворотних вод населених пунктів у водні об'єкти.

Централізоване водопостачання полягає у заборі води з водних об'єктів – джерел водопостачання, обробки її відповідно вимогам нормативів якості питної води і подачі води споживачам – населенню, промисловим

підприємствам та іншим установам. Централізоване питне водопостачання має пріоритетність перед іншими видами спеціального водокористування.

Джерелами централізованого водопостачання можуть бути як поверхневі, так і підземні води. Для міст, які потребують значної кількості води, одночасно використовують поверхневі і підземні джерела.

Якість води, що подається до осель мережею централізованого водопостачання, нажаль, не завжди відповідає нормативним вимогам якості питної води. Це може бути пов'язано з надмірним забрудненням води джерела водопостачання, технічним зносом устаткування водопідготовки та водогінної мережі, аваріями тощо.

Потреба людини в воді для пиття з урахуванням приготування їжі не перевищує 3-4 л/добу. Таку кількість води високої якості можна забезпечити за допомогою децентралізованого водопостачання. Існують і впроваджуються такі види децентралізованого водопостачання:

- водопостачання з колодязів;
- забір води з артезіанських джерел, що знаходяться в межах або поблизу населеного пункту;
- доставка води спец-автотранспортом до житлових масивів;
- розбудова мережі бюветів, високоякісна вода до яких надходить з глибких, надійно ізольованих горизонтів;
- продаж питної води у герметичних пляшках, що наповнюються у заводських умовах.

Децентралізоване водопостачання безперечно сприятиме загальному оздоровленню населення і використанню високоякісної підземної води переважно для питних потреб.

Контрольні питання до ЗМ 1.1.

1. Водні об'єкти, їх види та можливість використання.
2. Класифікація водотоків та водойм.
3. Види водокористування та вимоги до його здійснення.
4. Загальне та спеціальне водокористування.
5. Якість водних ресурсів.
6. Показники якості води.
7. Нормування якості води.
8. Лімітуючі ознаки шкідливості, класи небезпеки речовин.
9. Контроль якості води поверхневих водних об'єктів.
10. Питне водопостачання. Якість питної води. Норми постачання води для населення.
11. Вимоги до джерел питного водопостачання.
12. Зони санітарної охорони джерел водопостачання.
13. Централізоване та децентралізоване питне водопостачання.

ЗМ 1.2. Джерела впливу на поверхневі водні об'єкти

11. Класифікація джерел впливу на поверхневі водні об'єкти

Забруднення вод – це процес зміни складу та властивостей води у водному об'єкті внаслідок появи та накопичення у воді домішок, що призводить до порушення норм якості води (Тема 5). Забруднюючі домішки можуть надходити до водного об'єкту як зовні, так і утворюватися в самому водному об'єкті. Забруднюючі речовини або енергія (теплова, іонізуюче випромінювання), що надходять із зовнішніх джерел, носять назву алохтонні забруднювачі, ті, що утворюються в самому водному об'єкті – автохтонні.

Основним зовнішнім джерелом забруднення природних вод є надходження до водного об'єкту зворотних вод: стічних, шахтних, кар'єрних, дренажних, поверхневого стоку. Певна частина забруднюючих речовин може надходити з атмосферного повітря, забрудненого пило-газовими викидами.

Забруднення підземних вод може статися внаслідок фільтрації забруднюючих речовин з накопичувачів рідких відходів, зі звалищ побутових та промислових відходів та інших забруднених територій.

Іноді забруднення водних об'єктів виникає внаслідок припливу до них забруднених притоків.

Автохтонне забруднення створюють як мінеральні, так і органічні речовини. Мінеральні речовини надходять до природних вод при вимиванні надр під час протікання поверхневого чи підземного потоку. Основну масу органічних речовин в природні води надає детрит – продукт розкладу водоростей та гідробіонтів.

Таким чином, процес забруднення природних вод відбувається постійно, як з алохтонних, так і з автохтонних джерел. Процесам забруднення збалансовано протистоять процеси самоочищення природних вод, завдяки чому водні об'єкти знаходяться у стані, придатнім для водокористування.

12. Утворення господарсько-побутових та міських стічних вод

Відходи життєдіяльності людини, вода, використана для побутових потреб і в технологічних процесах, а також дощові та поталі води з міської території видаляються за допомогою системи водовідведення (каналізації), яка поділяється на внутрішню та зовнішню.

Внутрішня система каналізаційної мережі – це труби та сантехнічне обладнання, що розташовані в житлових та виробничих приміщеннях. Зовнішня мережа водовідведення починається з першого каналізаційного колодязя, що знаходиться за межами приміщення або за парканом підприємства.

В системах водовідведення господарсько-побутові стічні води змішуються з виробничими, а іноді і з поверхневим стоком, утворюючи таким чином міські стічні води, які системою водовідведення подаються на загальноміські очисні споруди.

Системи водовідведення складаються з таких основних елементів: каналізаційні колектори з колодязями на них, регулюючі резервуари, насосні станції і напірні трубопроводи, очисні споруди, випуски очищених стічних вод у водні об'єкти, аварійні випуски стічних вод. Системи водовідведення підрозділяються на

загальносплавні, роздільні та комбіновані. У свою чергу роздільні системи підрозділяються на повні роздільні, неповні роздільні та напівроздільні.

Загально-сплавна система водовідведення має одну водогінну мережу, призначену для відводу скидних вод усіх категорій: господарсько-побутових, виробничих і дощових (рис. 1.1). Вдовж головного колектора загально-сплавної системи можуть влаштовуватися дощові випуски для безпосереднього скидання у річку частини дощового стоку, що проходить по системі водовідведення. Це робиться з метою зменшення розмірів і кількості колекторів у кінцевій частині системи і відповідного її здешевлення.

Дощові випуски влаштовуються таким чином, щоб виключити можливість переповнення головного колектора під час сильного дощу.

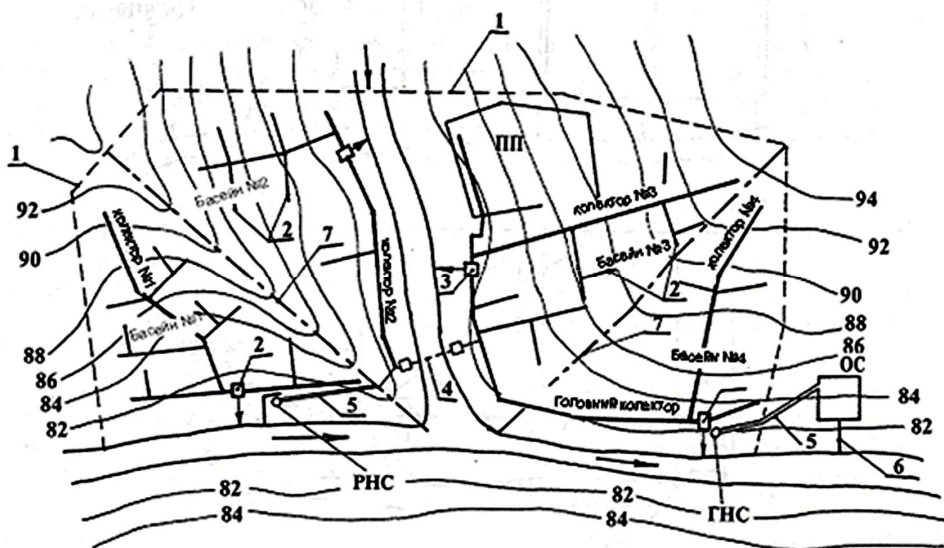


Рис. 1.1 – Загально-сплавна система водовідведення

РНС – районна насосна станція; ГНС – головна насосна станція; ОС – очисні споруди;

ПП – промислове підприємство; 1 – межа міста; 2 – міська каналізаційна мережа;

3 – дощові випуски; 4 – дюкер; 5 – напірні трубопроводи; 6 – випуск очищених стічних вод;

7 – лінії вододілів.

Конструкція і розміщення дощових випусків забезпечують вступ їх у роботу, тобто скидання вод до водного об'єкта не раніше, ніж через 30 хвилин після початку інтенсивного дощу. За цей час найбільш забруднена частина поверхневого стоку з міської території по загально-сплавному колектору надходить на міські очисні споруди, а менш забруднена частина при наповненні головного колектора почне надходити безпосередньо у водний об'єкт. Одночасний випуск неочищених стічних вод у річку пов'язаний з можливим її забрудненням. Тому розміри вихідних отворів дощових випусків і відповідно витрата неочищених вод, що скидаються через них, визначаються, виходячи з асимілюючої спроможності водного об'єкту – приймача стічних вод. Застосування загально-сплавної системи водовідведення доцільно при наявності в місті повноводної річки.

Повна роздільна система водовідведення має два або більше колекторів, призначених для окремого відводу стічних вод відповідної категорії (рис. 1.2).

Господарсько-побутові стічні води подаються на загальноміські очисні споруди, де відбувається їх очищення до кондицій, що задовольняють умовам скидання у водні об'єкти.

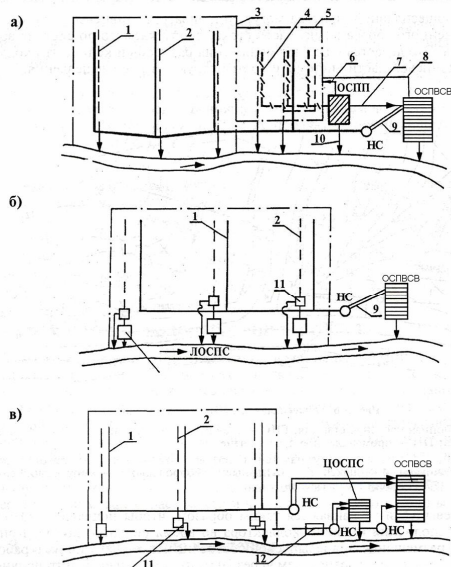


Рис. 1.2 – Повна роздільна система водовідведення

а – без очищення поверхневого стоку; **б** і **в** – з очисткою поверхневого стоку відповідно на локальних і на централізованих очисних спорудах. ОСПВСВ – очисні споруди побутових і виробничих стічних вод; ОСПП – очисні споруди промислового підприємства; ЛОСПС – локальні очисні споруди поверхневого стоку; ЦОСПС – централізовані очисні споруди поверхневого стоку; НС – насосна станція; 1 – побутова мережа; 2 – дощова мережа; 3 – межа міста; 4 – виробнича мережа; 5 – межа промислового підприємства; 6 – повернення води на виробництво після очищення; 7 – подача води на доочищення на очисні споруди міста; 8 – подача очищених вод на промислове підприємство; 9 – напірні трубопроводи; 10 – випуск очищених виробничих стічних вод у водойму; 11 – розподільні камери; 12 – регулюючий резервуар.

Очищення виробничих стічних вод здійснюється на локальних очисних спорудах даного промислового об'єкта або групи об'єктів, де вони утворилися. Після очищення виробничі стічні води можуть бути використані для технічного водопостачання, подані на загальноміські очисні споруди для доочищення або скинуті у водний об'єкт. Поталі і дощові води по колектору дощової каналізації подаються на очищення і надалі використовуються для технічного водопостачання або скидаються у водні об'єкти.

Неповна роздільна система водовідведення передбачає відвід господарсько-побутових і виробничих стічних вод по єдиному колектору. Відвід дощових вод провадиться окремо по колекторах, лотках або канавах. Як правило, неповна роздільна система використовується для невеличких об'єктів водовідведення і є початковим етапом створення *повної роздільної системи* каналізації.

Напівроздільна система водовідведення передбачає сумісний відвід господарсько-побутових і виробничих стічних вод по одному загальному колектору, а дощових вод – по другому. Дощові і виробничо-побутові колектори по трасі водовідведення перетинаються (рис. 1.3). У місці перетинання встановлюються розподільні камери, за допомогою яких дощовий стік цілком або частково з дощового колектора потрапляє в головний. При порівняно малих витратах дощових вод вони цілком надходять у головний

колектор. При великих витратах дощових вод у головний колектор надходить лише частина дощового стоку, що протікає по нижній (донній) частині дощового колектора. Це найбільш забруднена частина дощового стоку, що відводиться з прилеглої території в початковий період дощу, коли відбувається змивання головної маси забруднюючих речовин. Менш забруднена частина дощового стоку, яка пізніше надходить у розподільчу камеру, скидається у водний об'єкт без очищення. У суміші з дощовими водами частково скидаються також стічні води.

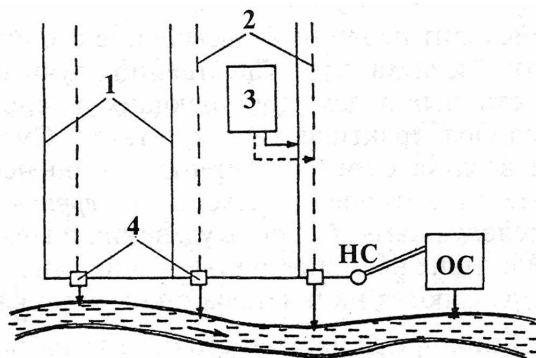


Рис. 1.3 – Напівроздільна система водовідведення

*1 – виробничо-побутова мережа; 2 – дощова мережа; 3 – промислове підприємство;
4 – розподільчі камери; НС – насосна станція; ОС – очисні споруди.*

Комбінована система водовідведення являє собою сукупність загально-сплавної системи з повною роздільною. Така система формується в міру розвитку і реконструкції каналізаційної мережі міста. У старій частині міста може функціонувати загально-сплавна система водовідведення, а в районах новобудов створюється повна роздільна система.

Каналізаційні колектори, як правило, укладаються таким чином, щоб забезпечити самотісний рух стічних вод до очисних споруд. При пагорбкуватому рельєфі для подолання різниці відміток місцевості створюються каналізаційні насосні станції.

Глибина укладання каналізаційних труб порівняно невелика і залежить від глибини промерзання ґрунтів та рельєфу місцевості. Такі системи водовідведення мають назву каналізаційні системи неглибокого закладання. Їхня експлуатація пов'язана з частими порушеннями цілісності каналізаційних труб та колодязів і, як слідство, розливом стічних вод вулицями міст.

Цих недоліків дозволяє уникнути каналізація глибокого закладання, яка створена лише у декількох містах світу, в тому числі і в Харкові.

Основні каналізаційні колектори діаметром 4 м прокладені на глибині 30-40 м методом щитової проходки. У ці колектори надходить стічна вода від житлових масивів і промислових підприємств міста, сюди ж потрапляє поверхневий стік з міської території. Головна насосна станція, що розташована на Диканівських очисних спорудах, забезпечує підйом міських стічних вод з глибини 40 м на поверхню до загальноміських очисних споруд.

Пропускна спроможність каналізації глибокого закладання розрахована на далеку перспективу розвитку міста.

13. Поверхневий стік з міської території і території промислових підприємств

Поверхневий стік є одним з видів зворотних вод, що утворюється з дощу, талого снігу та при митті вулиць і майданів.

Поверхневий стік поділяється на організований, який потрапляє в міську каналізаційну мережу, та неорганізований, який стікає по рельєфу місцевості. Зараз, коли скид стічних вод в межах міста заборонено і всі стічні води підлягають очищенню, поверхневий стік стає основним забруднювачем міських водних об'єктів, з яким надходить до 80 % забруднень.

Головними джерелами забруднення поверхневого стоку на міських територіях є:

- сміття з поверхні покриттів;
- продукти руйнації дорожніх покриттів;
- продукти ерозії ґрунтових поверхонь;
- викиди речовин в атмосферу промисловими підприємствами, автотранспортом, опалювальними системами;
- протоки нафтопродуктів на поверхні покриттів.

Для поверхневого стоку характерна епізодичність його надходження, мінливість витрати і рівня забруднення. Серед забруднювачів переважають завислі речовини.

Вміст завислих речовин у поверхневому стоку залежить від стану і характеру міської території (табл. 1.13). Найбільший рівень забруднення спостерігається на будівельних майданчиках та на територіях торгівельних центрів.

Таблиця 1.13 – Вміст завислих речовин у поверхневому стоку з території міста в залежності від типу міської території

Тип міської території	Вміст завислих речовин, г/м ³	
	дощовий стік	сніговий стік
Сучасна житлова забудова	1400-1500	2500
Недостатньо упоряджені території з переваженням садибної забудови	1800-2500	2000
Центральні упоряджені райони міста з інтенсивним дорожнім рухом	1700-2200	3000
Житлова забудова з високим рівнем благоустрою і регулярного механізованого прибирання дорожніх покриттів	300-1000	відсутність через вивіз снігу
Райони, що включають промислові підприємства і житлові квартали	1700-2500	4000
Будівельні майданчики, житлові райони на території, схильної до ерозії	4000-6000	—

Нафтопродукти потрапляють у поверхневий стік з проїжджої частини вулиць та автомагістралей.

В той же час дощові води відрізняються порівняно меншою мінералізацією, ніж річкові або підземні, що дає перевагу поверхневому стоку при використанні для технічного водопостачання.

Орієнтовні дані про склад поверхневого стоку з міських територій приведені в табл. 1.14.

Таблиця 1.14 – Узагальнені дані про склад поверхневого стоку з території міста

Показник	Концентрація, г/м ³		
	дощові води	снігові води	поливомийні води
Завислі речовини	1000-2000	2000-4000	3000-5000
Мінералізація	300	-	-
ХСК	400-600	750-1500	-
БСК ₅	50-100	100-300	200 (БСК _{повн})
Нафтопродукти	10-15	30-40	-

Зрозуміло, що поверхневий стік потрапляє до водних об'єктів не повністю. Частина його випаровується та фільтрується у ґрунт. Для визначення втрат поверхневого стоку на шляху до водного об'єкту використовується величина коефіцієнту стоку ψ .

$$\psi = \frac{Q_{i.\dot{n}}}{Q_{a.i}}, \quad (1.3)$$

де $Q_{п.с.}$ – обсяг води, що стікає до водного об'єкту з одиниці площини даного виду водозбірної поверхні за одиницю часу;

$Q_{a.o.}$ – обсяг атмосферних опадів, що за одиницю часу потрапляє на одиницю площини.

Значення коефіцієнту стоку для різних типів поверхонь наведені у табл. 1.15.

Таблиця 1.15 – Коефіцієнт стоку для різних типів поверхонь

Тип водозбірної поверхні	Коефіцієнт стоку	
	дощові води	снігові води
Забудовані території	0,6	0,6
Незабудовані території	0,3	0,6
Парки, гравійні покриття	0,3	0,6
Водонепроникні поверхні	0,6-0,8	0,91-0,95
Ґрунтові поверхні	0,2	0,6
Газони, зелені насадження	0,1	0,2

Коефіцієнт стоку для поливомийних вод дорівнює 0,6.

Значення коефіцієнта стоку для водозбірної площі розраховується як усереднене за формулою:

$$\psi = \sum \alpha_i \psi_i, \quad (1.4)$$

де α_i – частка площі, що має відповідне покриття, від загальної водозбірної площі;

ψ_i – коефіцієнти стоку для різних видів покриттів.

При орієнтовних розрахунках обсягів поверхневого стоку з території невеличких міст або селищ коефіцієнт стоку для дощових вод може прийматися в межах 0,3-0,4, для снігових вод 0,5-0,7.

Обсяг дощових або снігових вод за рік розраховується по формулі: $W = 10 \psi F H$, м³/рік, де ψ – коефіцієнт стоку дощових або снігових вод; F – площа водозбірної території, га; H – прошарок опадів за теплий або холодний період року відповідно, мм.

Обсяг поливомийних вод визначається за формулою:

$$W = 10 m k F_m \psi, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (1.5)$$

де m – витрата води на мийку одиниці площі, л/м²;

k – кількість мийок за рік;

F_m – площа оброблених покриттів, га;

ψ – коефіцієнт стоку поливомийних вод.

Значення параметрів, що входять у цю формулу, визначається у відповідності з такими нормативами:

- на мийку 1 м² площі витрачається від 1,2 до 1,5 літрів води;
- кількість мийок для умов міста складає від 50 до 150 за рік;
- площа покриттів, що потребують миття, складає 20 % від усієї території міста;
- коефіцієнт стоку поливомийних вод – 0,6.

Якщо на водозбірній території розташовані великі парки або ділянки лісових масивів, частина атмосферних опадів утримується рослинним покривом. Обсяг поверхневого стоку, що затримується рослинністю, визначається за даними, які наведені у табл. 1.16.

Таблиця 1.16 – Норми затримки атмосферних опадів рослинністю

Вид рослинності	Шар затриманих рослинністю атмосферних опадів Н _з , мм												
	Місяці року												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	за рік
Хвойний ліс	10	10	10	18	19	20	25	22	17	16	12	10	189
Листяний ліс	1	1	1	4	10	11	14	12	8	6	4	2	79

Обсяг дощових або снігових вод визначається в цьому випадку за формулою:

$$W = 10 \psi F (H - H_z), \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (1.6)$$

де ψ – коефіцієнт стоку;

F – водозбірна площа, га;

H – шар опадів, що випав, мм;

H_z – шар опадів, що затримані рослинністю, мм.

Загальний обсяг поверхневого стоку з водозбірної території за рік визначається як сума складових:

$$W = W_d + W_c + W_{\text{пм}}, \quad (1.7)$$

де W_d, W_c, W_{пм} – обсяги дощових, снігових і поливомийних вод відповідно.

Сумарне значення виносу речовин із поверхневим стоком протягом року:

$$G = W_d C_d + W_c C_c + W_{\text{пм}} C_{\text{пм}}, \quad (1.8)$$

де C_d, C_c і C_{пм} – концентрації речовин у дощових, снігових і поливомийних водах відповідно, г/м³.

Склад поверхневого стоку визначається аналізом проб. Відбір проб проводиться порціонно. Інтервал між відбором проб на початку дощу становить 5-10 хв., а в наступний період – 20-30 хв. Дані про склад дощових вод одержуються шляхом аналізу усередненої за період дощу проби.

Для снігових вод проби відбираються в дні сніготанення між 12 і 14 годинами з інтервалом у 30 хвилин.

14. Умови відведення зворотних вод у водні об'єкти. Принципи встановлення гранично допустимих скидів (ГДС)

Воду, що забрано з водного об'єкту, бажано використовувати таким чином, щоб уникнути потрапляння її після використання до водотоків чи водойм. У промисловості слід максимально використовувати воду в системах оборотного та повторного водоспоживання, шляхом утворення безстічних виробництв. У сільському господарстві слід використовувати такі засоби зрошення рослинницьких культур, щоб уникнути утворення надлишків зрошувальних вод та

стоку цих вод з угідь, що обробляються. Води, що утворюються на тваринницьких комплексах, слід повністю використовувати для вирощування кормових культур. Також для зрошування слід по можливості використовувати стічні води після очистки. Кар'єрні та шахтні води використовуються при збагаченні корисних копалин. Дощові та поталі води з промайданчиків можуть бути використані для поповнення оборотних систем водоспоживання.

Проте більша частина зворотних вод відводиться до водних об'єктів, де скидна вода змішується з природною. Зараз річковий стік приблизно на 2% складається з скидних вод. Але в деяких малих річках, що протікають біля великих міст, цей відсоток значно більший.

При організованому відведенні зворотних вод до водотоків та водойм слід виключити можливість забруднення природних вод шляхом забезпечення відповідного очищення вод, що скидаються. Умовою достатнього захисту водотоків та водойм від забруднення при скиді зворотних вод є забезпечення дотримання норм якості природних вод, зокрема ГДК відповідного виду водокористування. Досягнення цієї вимоги здійснюється завдяки забезпеченню необхідного ступеню очистки зворотних вод, а також умовам змішування та розбавлення вод, що скидаються, з водою водного об'єкту – приймача скидних вод. Показники складу скидних вод, що не являють небезпеки забруднення природних вод, мають назву: *нормативи гранично допустимих скидів (ГДС)*.

ГДС – це максимально допустима маса речовини, що відводиться зі скидними водами до водного об'єкту за одиницю часу, яка дозволяє забезпечити дотримання норм якості природних вод у контрольному створі при найгірших гідрологічних умовах.

Згідно з визначенням:

$$\text{ГДС} = Q_{\text{ск}} C_{i \text{ ГДС}}, \quad (1.9)$$

де $Q_{\text{ск}}$ – витрата скидних вод (зазвичай максимальна за годину), $\text{м}^3/\text{год}$;

$C_{i \text{ ГДС}}$ – гранично допустиме значення концентрації нормованої речовини у воді, що скидається до водного об'єкту, $\text{г}/\text{м}^3$.

ГДС встановлюється для кожного випуску і для кожної нормованої речовини складу скидних вод.

Вихідні дані для розрахунку ГДС:

- вид водного об'єкту – приймача скидних вод;
- розрахункове значення фонові концентрації;
- найгірші гідрологічні умови водного об'єкту, куди здійснюється скид зворотних вод;
- тип і місце розташування випуску скидних вод;
- фактичні або проектні значення концентрацій нормованих речовин у скидних водах;
- затверджена максимальна витрата скидних вод за годину.

Найгіршими гідрологічними умовами для розрахунків ГДС вважаються:

- для незарегульованих водотоків розрахункова витрата дорівнює мінімальній середньомісячній витраті року 95% водної забезпеченості;
- для зарегульованих водотоків – мінімальна гарантована витрата, що надходить через греблю (санітарно-екологічний попуск);

- для водосховищ – мінімальний підпертий рівень;
- для озер – мінімальний рівень року 95% водної забезпеченості.

Значення показників складу води водного об'єкту у фоновому створі (фонова концентрація) визначається розрахунковим шляхом як статистично обґрунтована верхня межа можливих середніх значень.

Норми якості води в контрольному створі повинні дотримуватися в найбільш забрудненій частині потоку. Оскільки розглядаються умови скиду зворотних вод, контрольний створ на водотоках розташований на відстані, що не перевищує 500 м нижче за течією від місця скиду, для водойм – в радіусі не більш 500 м від місця скиду.

Якщо фонова концентрація за якими-небудь показниками не задовольняє нормам якості води, то $C_{гдс}$ повинне бути забезпечене безпосередньо в скидній воді. Встановлене значення $C_{гдс}$ не повинне перевищувати фактично досягнуте або проектне значення концентрації речовини в скидній воді.

Випуск скидних вод у межах населеного пункту припускається у виняткових випадках, при цьому норми якості води повинні дотримуватися в самих скидних водах. Якщо скид здійснюється через розсіювальний випуск, то нормативи ГДС повинні бути забезпечені в зоні початкового розведення випуску.

Якщо природний склад води водного об'єкту (природний фон) по окремих показниках гірше нормативного, то значення нормативів ГДС повинні забезпечити зберігання фонового стану водного об'єкту.

Встановлення нормативів ГДС ускладнюється, якщо у воді присутні речовини з однаковими лімітуючими ознаками шкідливості (ЛОШ), бо в такому випадку треба витримати вимогу:

$$\sum C_{i \text{ гдс}} / ГДК_i \leq 1. \quad (1.10)$$

Надходження скидних вод до водного об'єкту можна представити таким чином:

$$Q_{ск} C_{i \text{ ск}} + \gamma Q_{в} C_{i \text{ в}} \leq C_{i \text{ норм}} (\gamma Q_{в} + Q_{ск}), \quad (1.11)$$

де $Q_{ск}$ – витрата скидної води, що надходить до водного об'єкту за певний час, $\text{м}^3/\text{год}$;

$C_{i \text{ ск}}$ – концентрація нормованої речовини у воді, що скидається, $\text{г}/\text{м}^3$;

γ – коефіцієнт змішування та розбавлення скидної води з водою водного об'єкту;

$Q_{в}$ – витрата водотоку чи маса води у водоймі, що приймає участь в асиміляції скидних вод, $\text{м}^3/\text{год}$;

$C_{i \text{ в}}$ – концентрація тієї ж самої нормованої речовини у воді водного об'єкту, $\text{г}/\text{м}^3$;

$C_{i \text{ норм}}$ – нормативне значення концентрації нормованої речовини в контрольному створі водного об'єкту, $\text{г}/\text{м}^3$.

В якості $C_{i \text{ норм}}$ може бути ГДК або її частка, на разі присутності у воді речовин з однаковою ЛОШ.

Звідси концентрація нормованої речовини при ГДС для води, що організовано скидається до водного об'єкту:

$$C_{i \text{ ГДС}} \leq \gamma (Q_{в}/Q_{ск}) (C_{i \text{ норм}} - C_{i \text{ в}}) + C_{i \text{ норм}}. \quad (1.12)$$

Коефіцієнт γ показує, яка частина води водного об'єкту приймає участь у розбавленні скидних вод. Він залежить від виду водного об'єкту – приймача скидних вод та його гідрологічних характеристик, умов скиду, типу та місця знаходження водовипуску, деяких інших чинників. Існує декілька методик

визначення цього коефіцієнту при скиді зворотних вод до різних видів водотоків, водойм та у море.

При встановленні ГДС вручну визначення коефіцієнту розбавлення є найважчою частиною розрахунків, де не виключається суб'єктивний підхід та арифметичні помилки.

Зараз розроблені і рекомендовані до використання комп'ютерні програми розрахунків ГДС. Вручну розрахунки ГДС практично не виконуються.

Під час розробки схем комплексного використання та охорони вод річкових басейнів розрахунки ГДС здійснюються за басейновим принципом, який враховує приточність та взаємний вплив усіх скидів, розташованих у річковому басейні.

Надходження забруднених вод з декількох джерел забруднення, послідовно розташованих по довжині водотоку, вимагає здійснювати розрахунки розбавлення для річок і водоймищ в рамках методу, заснованого на вирішенні рівняння турбулентної дифузії по кінцево-різницевій схемі. Початкові концентрації всіх джерел беруться в абсолютних величинах (г/м^3) або ж приводяться до єдиної системи відносних величин (в %). Для цього концентрації стічних вод, що скидаються з різних джерел, перераховуються у відсотки відносно того джерела, яке має максимальну концентрацію, що приймається за 100 %. Розрахунок ведеться послідовно вниз за течією річки, починаючи від першого джерела забруднення до створу другого джерела. Для другого джерела забруднення розрахунок ведеться в такому ж порядку, але тепер фоном служить поле концентрації, отримане з розрахунку розбавлення забруднень, що поступають з першого джерела. При завданні початкових умов другого джерела як завжди враховуються витрата скиду і концентрація речовини. За аналогічною схемою виконується розрахунок для будь-якого числа джерел скиду. При розсіювальному скиді стічних вод і за умов рівності витрати скиду для всіх випусків, розрахунок виконується за методом А.В. Караушева. При цьому на початковому етапі розрахунок ведеться лише для одного випуску, оскільки умови розбавлення для всіх випусків приймаються однаковими. Далі з урахуванням розмірів розрахункових кліток і відстаней між сусідніми випусками визначається відстань від місця випуску до створу, де відбудеться злиття забруднених струменів, що поступають з сусідніх випусків. Починаючи від цього створу, в розрахунок включаються всі або декілька (залежно від загальної кількості) скидні отвори.

Нормативи ГДС розробляються і затверджуються одночасно з дозволом на спеціальне водокористування.

Якщо фактичний склад вод, що скидаються, не відповідає нормативам ГДС, розробляється план заходів по їх досягненню. На період виконання цього плану встановлюються тимчасові нормативи скиду, які в міру впровадження окремих заходів плану поступово наближаються до затверджених нормативів.

15. Принципи та заходи охорони вод

Охорона вод – система технічних, правових, організаційних і економічних заходів, спрямованих на запобігання, обмеження і усунення наслідків забруднення та виснаження вод.

До технічних заходів відносяться: очистка стічних та інших зворотних вод, оборотне водопостачання, повторне використання води, створення безстічних виробництв, використання стічних вод для зрошення, створення прибережних водоохоронних зон.

До правових заходів відноситься розвиток та вдосконалення водоохоронного законодавства і застосування санкцій при порушеннях його вимог та положень.

До організаційних заходів відноситься створення та функціонування системи управління використанням та охороною вод на рівні водокористувачів, органів місцевого самоврядування, регіональних та державних органів влади, спеціально уповноважених державних органів в галузі водокористування. Цими спеціально уповноваженими органами є Міністерство охорони навколишнього природного середовища і Державний комітет водного господарства та їхні підрозділи на регіональних та місцевих рівнях.

До економічних заходів відноситься стягнення сплати за забір води з водних об'єктів та за скид до них стічних вод, формування грошового фонду охорони довкілля та використання коштів на охорону вод та раціональне використання водних ресурсів.

Контрольні питання до ЗМ 1.2.

1. Джерела впливу на поверхневі водні об'єкти.
2. Утворення господарсько-побутових та міських стічних вод, їх склад та кількість.
3. Поверхневий стік з міських територій і територій промислових підприємств.
4. Умови відведення зворотних вод у водні об'єкти.
5. Граничнодопустимі скиди (ГДС), принципи встановлення.
6. Принципи та заходи охорони вод.

МОДУЛЬ 2. МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

ЗМ 2.1. Моделі якості поверхневих вод

1. Визначення фонових концентрацій речовин у водних об'єктах

Під фовою концентрацією речовини C_f розуміють статистично обґрунтовану верхню довірчу межу можливих середніх значень цієї речовини в створі, що розташований вище виходу стічних вод. Фонова концентрація розраховується для найбільш несприятливих гідрогеологічних умов або найбільш несприятливої відносно якості води пори року.

Для розрахунку **фонових концентрацій** необхідні дані щонайменше за три роки. Загальна кількість даних - не менше 12.

Для кожного показника необхідно знати:

- місяць проведення аналізу (М);
- витрату водотоку на момент відбору аналізу (Q);
- значення концентрації речовини (C).

Вибираються всі дані, наявні в початковій базі даних. Середнє їх значення не шукають. Якщо в парі витрата-концентрація (Q-C) відсутні дані про витрату, то концентрація все одно приймає участь у розрахунку. Якщо в парі витрата-концентрація (Q-C) відсутні дані про концентрацію, то ця пара *виключається* з розрахунку.

Кількість даних у межах кожного року має бути не менше 3, інакше цей рік з розгляду виключається.

Розрахунок включає декілька етапів (4 або 6).

І етап. Проводиться виключення надмірно високих або низьких значень концентрацій у межах кожного року (за кожен рік окремо).

Початкові дані за рік – вибірка.

Причини появи недостовірних даних:

- несумлінний аналіз або погана методика.
- специфічні умови: залповий скид забруднень або зупинка роботи підприємства.

Методика.

♦ Знаходять середнє значення **концентрації** в межах кожної вибірки (кожного року):

$$C_{\text{сер}} = \frac{\sum C_i}{n} . \quad (2.1)$$

♦ Визначають середньоквадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{\text{сер}})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum C_i^2 - (\sum C_i)^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (2.2)$$

♦ Визначають максимальну і мінімальну величину з наявних протягом року **концентрацій**, після чого визначають величину максимального відхилення як найбільшу з двох величин:

$$\sigma = \max [(C_{\text{max}} - C_{\text{сер}}), (|C_{\text{min}} - C_{\text{сер}}|)] . \quad (2.1) \quad (2.3)$$

Розрахувати яка з величин C_{max} або C_{min} дає σ .

- ♦ Визначають величину відносного відхилення:

$$\tau = \frac{\sigma}{S} \quad (2.4)$$

- ♦ Проводять порівняння величини відносного відхилення τ з величиною $\tau_{(p,n)}$:

$$\tau_{(p,n)} = \frac{t_{(p,n-2)} \cdot \sqrt{n-1}}{\sqrt{n-2 + [t_{(p,n-2)}]^2}}, \text{ при } p = 1\%, \quad (2.5)$$

де $t_{(p,n-2)}$ – табличне значення критерію Стюдента (Додаток 1);

p – достовірний інтервал; $p = 1\%$ -й показує, що, ухвалюючи рішення відкинути або залишити показник, ми ризикуємо помилитися в 1% випадків.

Якщо $\tau < \tau_{(p,n)}$, відхилення даної величини вважається незначним і величина залишається в розрахунку, після чого проводиться оцінка для наступного року.

Якщо $\tau > \tau_{(p,n)}$, величина визнається недостовірною і виключається з подальших розрахунків. Разом з нею виключається і відповідна цій концентрації витрата (Q). Після чого всі розрахунки проводять знову, починаючи з п. 1.

Якщо в якомусь році даних (**концентрацій**) залишилося менше 3, то такий рік з розгляду виключається.

Після того, як у кожному році відкинуті недостовірні **концентрації**, переходять до наступного етапу.

II етап. Проводиться порівняння даних за різні роки.

За основу при порівнянні береться базовий рік. Як базовий беруть найближчий до нас за часом рік (тобто з 2002 р., 2001 р., 2000 р. базовим є 2002 р.). Решту років порівнюють з базовим і оцінюють істотність відмінностей даних базового і порівнюваного років. Якщо відмінність визнається істотною, порівнюваний рік з подальших розрахунків виключається.

Порівняння проводиться для кожного року (тобто, 2001 р. з 2002 р. і 2000 р. з 2002 р.). Порядок не має значення. Якщо відмінність визнається істотною, то виключається порівнюваний рік. На даному етапі *базовий рік не виключається ні в якому випадку*.

Методика оцінки.

Дані (концентрації) базового і порівнюваного років (наприклад 2002 р. і 2000 р.) об'єднуються в єдину послідовність, що ранжується за зростанням. Кожній величині в цій послідовності привласнюється її порядковий номер, який називається рангом (тобто найменша концентрація в об'єднаній послідовності має 1 ранг, наступна за величиною – 2 ранг і так далі). Якщо декілька величин мають однакові значення концентрацій, то їм привласнюється однаковий ранг. При цьому наступна за величиною концентрація має ранг, що відповідає її порядковому номеру в ряді, що ранжується (тобто з набору концентрацій: 0,5 мг/дм³ – 1 ранг; 0,7 мг/дм³ – 2 ранг; 0,7 мг/дм³ – 2 ранг; 0,7 мг/дм³ – 2 ранг; 0,8 мг/дм³ – 5 ранг).

Визначається сума рангів у цій послідовності, але окремо для значень базового року і окремо для значень порівнюваного року. Після цього визначається критерій Вількінсона-Манна-Вітті:

$$U^* = T_1 - \frac{n_1 \cdot (n_1 + 1)}{2}, \quad (2.6)$$

де T_1 – менша за величиною сума рангів;

n_1 – кількість даних (концентрацій) у вибірці з меншою сумою рангів.

Якщо сума рангів однакова, то як T_1 і n_1 беруться дані базового року.

Визначають величини m^* і n^* ,

де m^* – кількість даних (концентрацій) в більшій за об'ємом вибірці (тобто в базовому або порівнюваному роках);

n^* – кількість даних в меншій за об'ємом вибірці.

Якщо кількість даних в більшій за об'ємом вибірці $m^* > 8$, то визначається розрахункова величина Z :

$$Z = \frac{U^* - 0,5 \cdot (m^* \cdot n^* + 1)}{0,289 \cdot \sqrt{m^* \cdot n^* \cdot (m^* + n^* + 1)}}. \quad (2.7)$$

Якщо розрахункове значення за модулем $|Z| < 1,28$, то відмінність визнається неістотною і порівнюваний рік залишається в подальших розрахунках. У протилежному випадку порівнюваний рік з розрахунків виключається.

Якщо кількість даних в більшій за об'ємом вибірці $m^* < 8$, порівняння проводять на підставі номограм (Додаток 2). Якщо в номограмі стоїть знак “Х” – відмінність істотна, якщо порожня клітинка – то рік залишається в розрахунках.

Після того, як один з порівнюваних років або виключений, або залишений, переходять до порівняння наступного року з базовим.

У цьому розділі використовується 5%-й довірчий інтервал, який закладений у формулу для знаходження Z і номограми.

III етап. Проводиться оцінка існування статистично значущого зв'язку між витратою і концентрацією.

На цьому етапі беруть участь ті дані, які залишилися після *II-го етапу*. Серед цих даних вибираються тільки ті, для яких визначені витрата Q і концентрація C .

Оцінка проводиться тоді, коли кількість пар даних витрата-концентрація (Q - C) не менше трьох (за всіма роками, що залишилися, в сумі). Для цих пар даних розраховується величина коефіцієнта кореляції:

$$r = \frac{\sum(C_i \cdot Q_i) - \frac{\sum C_i \cdot \sum Q_i}{n}}{\sqrt{[\sum C_i^2 - \frac{(\sum C_i)^2}{n}] \cdot [\sum Q_i^2 - \frac{(\sum Q_i)^2}{n}]}}. \quad (2.8)$$

Діапазон коефіцієнта кореляції $-1 < r < 1$.

Розрахункове значення r порівнюється з критичним значенням $r_{кр}$ з таблиці:

n	$r_{кр}$
< 15	$> 0,70$
$15 < n < 25$	$> 0,67$
> 25	$> 0,60$

n – кількість пар даних, що беруть участь у розрахунках. Якщо $n < 3$, то вважається, що зв'язок між Q і C відсутній і розрахунок не проводиться.

Якщо $|\delta| < \delta_{кр}$, то статистично значущий зв'язок між Q і C відсутній і виконуються етапи IV-VI.

Якщо $|\delta| > \delta_{кр}$, то статистично значущий зв'язок між Q і C існує, після цього етапу одразу виконують етап IV*.

IV етап. Розрахунок фонової концентрації за відсутності статистично значущого зв'язку витратою і концентрацією.

Визначення фонової концентрації $C_{\phi}^{кв}$.

На цьому етапі в розрахунках беруть участь ті дані (тільки концентрації), які залишилися після **II етапу (!)**. Вони, незалежно від року, розподіляються на квартали: 1 квартал – 1-3 місяці; 2 квартал – 4-6 місяці; 3 квартал – 7-9 місяці; 4 квартал – 10-12 місяці.

Якщо в якомусь кварталі кількість даних менше 3, то такий квартал з розрахунків виключається.

Для кожного кварталу визначається величина середньої концентрації $C_{сер}$ за формулою 2.1:

$$C_{сер} = \frac{\sum C_i}{n}.$$

Квартал з найбільшою $C_{сер}$ приймається як базовий квартал.

Потім за методикою II етапу проводять оцінку відмінності базового кварталу і решти кварталів.

Після того, як були відкинуті недостовірні квартали (якщо такі були), визначається загальна (не поквартальна) $C_{сер}$ для даних, що залишилися за формулою 2.1:

$$C_{сер} = \frac{\sum C_i}{n}.$$

Визначається величина середньоквадратичного відхилення за формулою 2.2:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{сер})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum C_i^2 - (\sum C_i)^2}{n \cdot (n-1)}}.$$

Вибирається табличне значення критерію Ст'юдента для 5%-го довірчого інтервалу і **n-1**

$$t_{(5\%, n-1)}.$$

На підставі цих величин розраховується величина фонової концентрації при квартальному розбитті:

$$C_{\phi}^{кв} = C_{сер} + \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}}. \quad (2.9)$$

V етап. Визначення фонової концентрації $C_{\phi}^{сез}$.

На цьому етапі в розрахунках беруть участь ті дані (тільки концентрації), які залишилися після **II етапу (!)**. Їх, незалежно від року, розбивають на сезони: весняний – 2-4 місяці; літньо-осінній – 5-11 місяці; зимовий – 12 і 1 місяці.

Якщо в якомусь сезоні кількість даних менше 3, то такий сезон з розрахунків виключається.

Для кожного сезону визначається величина середньої концентрації $C_{сер}$ за формулою 2.1:

$$C_{сер} = \frac{\sum C_i}{n}.$$

Сезон з найбільшою $C_{сер}$ приймається як базовий сезон.

Потім за методикою II етапу проводиться оцінка відмінності базового сезону і решти сезонів.

Після того, як були виключені недостовірні сезони (якщо такі були), визначається загальна (не посезонна) $C_{сер}$ для даних, що залишилися, за формулою 2.1:

$$C_{сер} = \frac{\sum C_i}{n}.$$

Визначається величина середньоквадратичного відхилення за формулою 2.2:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{сер})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum C_i^2 - (\sum C_i)^2}{n \cdot (n-1)}}.$$

Вибирається табличне значення критерію Стюдента для 5% довірчого інтервалу і $n-1$

$$t_{(5\%, n-1)}.$$

На підставі цих величин розраховують величину фонові концентрації при сезонному розбитті:

$$C_{\phi}^{сез} = C_{сер} + \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}}. \quad (2.10)$$

VI етап. Визначення фонові концентрації C_{ϕ} .

Значення фонові концентрації вибирають як найбільшу з двох значень $C_{\phi}^{кв}$ і $C_{\phi}^{сез}$:

$$C_{\phi} = \max (C_{\phi}^{кв}, C_{\phi}^{сез}). \quad (2.11)$$

Примітки:

1. При розрахунку фонові концентрації для показника «розчинений кисень» у формулах для величин $C_{\phi}^{кв}$ і $C_{\phi}^{сез}$ ставиться знак «-», тобто

$$C_{\phi}^{кв} = C_{сер} - \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}}, \quad (2.12)$$

$$C_{\phi}^{сез} = C_{сер} - \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}}, \quad (2.13)$$

$$C_{\phi} = \min (C_{\phi}^{кв}, C_{\phi}^{сез}). \quad (2.14)$$

2. Якщо в жодному кварталі кількість даних не перевищує 3, то розрахунок C_{ϕ} проводиться на основі тільки сезонного розбиття. Аналогічно, якщо в жодному сезоні кількість даних не перевищує 3, то розрахунок C_{ϕ} проводиться на основі тільки квартального розбиття. Якщо у всіх сезонах і у всіх кварталах кількість даних менше 3, то розрахунок проводиться таким чином: всі дані, що залишилися після II етапу, об'єднують в єдину послідовність, для якої розраховують: $C_{сер}$, S , $t_{(5\%, n-1)}$ та визначають:

$$C_{\phi} = C_{сер} \pm \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}} . \quad (2.15)$$

“–” для показника «розчинений кисень».

IV етап. Розрахунок фонові концентрації при існуванні статистично значущого зв'язку між витратою і концентрацією.*

На цьому етапі беруть участь дані, які залишилися після *III етапу (!)*.

Величина C_{ϕ} визначається таким чином

$$C_{\phi} = C^{розр} + \Delta , \quad (2.16)$$

де $C^{розр}$ – концентрація, що відповідає розрахунковій витраті, мг/дм³.

Для визначення $C^{розр}$ на основі методу найменших квадратів встановлюють зв'язок між витратою і концентрацією у вигляді лінійного рівняння:

$$C^{розр} = a \cdot Q^{розр} + b . \quad (2.17)$$

Величини a і b визначаються з виразів:

$$a = \frac{n \cdot \sum(C_i \cdot Q_i) - \sum C_i \cdot \sum Q_i}{n \cdot \sum Q_i^2 - (\sum Q_i)^2} , \quad (2.18)$$

$$b = \frac{\sum C_i - a \cdot \sum Q_i}{n} . \quad (2.19)$$

Величина Δ визначається таким чином:

$$\Delta = S \cdot t_{(5\%, n-1)} \cdot \sqrt{\frac{1 - \delta^2}{n - 2}} , \quad (2.20)$$

де S – величина середньоквадратичного відхилення:

$t_{(5\%, n-1)}$ – табличне значення критерію Стюдента;

n – кількість пар даних;

δ – значення коефіцієнта кореляції (береться з III етапу).

Для розчиненого кисню:

$$C_{\phi} = C^{розр} - \Delta . \quad (2.21)$$

2. Прогноз якості води на заданій відстані від випуску стічних вод за методом Фролова-Родзіллера

Найважливішим чинником, що визначає концентрацію речовини в контрольному створі при випуску стічних вод у водний об'єкт, є розбавлення стоків основним потоком. Причина розбавлення – турбулентність. Залежно від джерел турбулентності розрізняють основне і початкове розведення.

Основне розведення відбувається в результаті перемішування, що є наслідком турбулентності основного потоку (водотоку). Оскільки всі природні водотоки є турбулентними потоками, основне розведення існує завжди.

Причиною початкового розведення є додаткова турбулентність, що виникає на межі струменя стічних вод і основного потоку. Ця додаткова турбулентність викликається різницею швидкостей руху цих двох потоків. Початкове розведення підсилює основне, проте для його виникнення потрібні певні умови.

Величина розведення оцінюється **кратністю розведення**.

n_0 – кратність основного розведення;

n_n – кратність початкового розведення.

Загальна кратність розведення:

$$n = n_o \cdot n_n. \quad (2.22)$$

Початковими даними для розрахунку кратності розведення є: затверджена для розрахунку витрата стічних вод Q_{cm} , мінімальна середньомісячна витрата року 95%-ї водної забезпеченості $Q_{95\%}$, відповідні йому глибина і швидкість потоку.

При здійсненні прогнозу якості води на заданій відстані від випуску стічних вод застосовується формула Фролова-Родзіллера:

$$C = C_\phi + \frac{C_{cm} - C_\phi}{n}. \quad (2.23)$$

Концентрація забруднюючої речовини в створі повного перемішування визначається за попередньою формулою, і після ряду перетворень має вигляд:

$$C = \frac{C_\phi \cdot Q_\phi + C_{cm} \cdot Q_{cm}}{Q_\phi + Q_{cm}}. \quad (2.24)$$

3. Визначення кратності основного розбавлення

На деякій відстані від місця випуску стічних вод у водотік відбувається вирівнювання концентрацій за всією шириною водотоку. Створ, де концентрація вирівнялася, називається *створом повного перемішування*.

Кратність основного розведення визначається за формулою:

$$n_o = \frac{Q_{cm} + Q_{cm}}{Q_{cm}}. \quad (2.25)$$

де Q_{cm} – витрата стічних вод, м³/с;

$Q_{зм}$ – витрата змішення – частина витрати основного потоку, яка приєдналася до витрати стічних вод, м³/с.

$$Q_{зм} = \gamma \cdot Q_\phi, \quad (2.26)$$

де γ – коефіцієнт змішення,

Q_ϕ – витрата основного потоку, м³/с. Розрахункова витрата – витрата 95%-ї забезпеченості.

$$n_o = \frac{Q_{cm} + \gamma \cdot Q_\phi}{Q_{cm}}. \quad (2.27)$$

Коефіцієнт змішення може змінюватися в діапазоні від 0 до 1.

Відсутності розведення ($\gamma=0$) відповідає кратність розведення $n_o = 1$.

Відповідно при $\gamma = 1$ отримуємо максимальну для даного водотоку і випуску стічних вод кратність розведення.

Величина коефіцієнта змішення визначається таким чином:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q_\phi}{Q_{cm}} \cdot \beta}, \quad (2.28)$$

$$\beta = e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{L}}, \quad (2.29)$$

де L – відстань від місця випуску до даного створу, м.

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{cm}}}, \quad (2.30)$$

де ζ – коефіцієнт, що характеризує тип випуску стічних вод: $\zeta=1$, якщо випуск стічних вод здійснюється біля берега; $\zeta=1,5$, якщо випуск здійснюється в русло річки;

φ – коефіцієнт звивистості русла річки, $\varphi=1 - 1,7$.

$$\varphi = \frac{L}{L_{np}}, \quad (2.31)$$

де L_{np} – відстань по прямій від випуску стічних вод до створу, м;

D – величина, що характеризує турбулентні властивості основного потоку – коефіцієнт турбулентної дифузії, та визначається за формулою Караушева:

$$D = \frac{g \cdot V_n \cdot h}{37 \cdot n_{ш} \cdot Sh^2}, \quad \text{м}^2/\text{с}, \quad (2.32)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

V_n, h – середні за перетином водотоку швидкість і глибина;

$n_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості русла водотоку. Визначається за таблицями на підставі якісного опису характеристик русла. $n_{ш} = 0,025-0,130$.

Sh – коефіцієнт Шезі, що розраховується за формулою Павловського:

$$Sh = \frac{R^y}{n_{ш}}, \quad \frac{\sqrt{M}}{c}. \quad (2.33)$$

R – гідравлічний радіус, м. Для широких водотоків $R \approx h$.

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{n_{ш}} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (\sqrt{n_{ш}} - 0,1). \quad (2.34)$$

Визначення відстані, при якій відбувається повне перемішування.

$$L = \left\{ \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left[\frac{Q_{cm} + \gamma \cdot Q_{\phi}}{(1-\gamma) \cdot Q_{cm}} \right] \right\}^3, \quad \text{м}. \quad (2.35)$$

Вважається, що створ достатньо повного перемішування ($\gamma = 0,90-0,95$) відповідає створу повного перемішування.

4. Визначення кратності початкового розбавлення. Методика підбору параметрів водовипуску для забезпечення початкового розбавлення

Початкове розведення існує не завжди. Оскільки виникнення початкового розведення залежить від інтенсивності турбулентних завихрень, які, у свою чергу, залежать від різниці швидкостей витоку стічних вод з водовипуску і швидкості основного потоку, то для цього необхідне виконання *двох умов*:

– абсолютна швидкість витоку стічних вод повинна бути не менше 2 м/с, тобто $V_{ст} > 2 \text{ м/с}$;

– швидкість витоку стічних вод повинна більш ніж в 4 рази перевищувати швидкість основного потоку, тобто $V_{ст} > 4 \times V^{\phi}$.

Якщо одна з умов порушується, то початкове розведення відсутнє.

Характер початкового розведення багато в чому визначається випуском стічних вод. Розрізняють два основні типи випуску стічних вод: берегові і руслові.

Руслові водовипуски можуть бути зосередженими (один оголовок) і розсіювальними (декілька оголовків). Вони, зазвичай, виводяться в русло річки і ближче до поверхні, оскільки там найбільша швидкість. Берегові водовипуски розташовані в межах берегової смуги. Вони всі зосередженого типу.

Характеристиками розсіювального водовипуску є:

- кількість оголовків N ;
- діаметр оголовка d_o , м;
- відстань між оголовками l_l , м.

Характеристикою зосередженого водовипуску є:

- діаметр оголовка d_o , м.

МЕТОДИКА ПІДБОРУ ПАРАМЕТРІВ ВОДОВИПУСКУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЧАТКОВОГО РОЗВЕДЕННЯ.

1) Для розсіювального водовипуску.

При розрахунку параметрів розсіювального водовипуску необхідно дотримуватися двох умов за розрахунком швидкості закінчення стічних вод ($V_{ст} > 2 \text{ м/с}$ і $V_{ст} > 4 \times V_{\phi}$).

1. Труба-розсіювач повинна бути не більше 0,9 ширини водотоку.

$$l = 0,9 B, \quad (2.36)$$

де B – ширина річки в найменш маловодний період, м.

$$B = Q_{\phi} / (h V_{\phi}). \quad (2.37)$$

2. Відстань між оголовками:

$$l_l = h + 0,5, \quad (2.38)$$

де h – глибина водотоку, м;

0,5 – технологічний запас.

3. Кількість оголовків, шт.:

$$N = \frac{l}{l_l}. \quad (2.39)$$

4. Діаметр оголовка, м:

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{cm}}{\pi \cdot V_{cm} \cdot N}}. \quad (2.40)$$

V_{cm} має відповідати вищезгаданим умовам.

За конструктивними міркуваннями потрібно дотримуватися таких умов: $d_o > 0,1 \text{ м}$, градація діаметру йде через кожні 5 см, тобто $d_o = 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 \text{ м}$ і так далі.

Таким чином отриманий діаметр має бути наближений до величини, що закінчується на 0 або 5. Проте необхідно стежити, щоб швидкість витоку стічних вод завжди задовольняла вищезазначеним вимогам. У разі потреби збільшення діаметру d_o до необхідної величини, швидкість витоку V_{cm} можна утримати на необхідному рівні, зменшуючи кількість оголовків N .

2) Для зосередженого водовипуску.

При розрахунку параметрів зосередженого водовипуску необхідно дотримуватися двох умов за розрахунком швидкості витоку стічних вод ($V_{ст} > 2 \text{ м/с}$ і $V_{ст} > 4 V_{\phi}$), а також дотримуватися конструктивних умов для визначення діаметру водовипуску ($d_o > 0,1 \text{ м}$, градація діаметру йде через кожні 5 см).

Діаметр оголовка визначається за формулою:

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{cm}}{\pi \cdot V_{cm}}}. \quad (2.41)$$

У випадку, якщо при $d_0 = 0,1$ м, значення швидкості витoku стічних вод не задовольняє вище наведеним вимогам, то початкового розведення немає, отже $n_n = 1$.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КРАТНОСТІ ПОЧАТКОВОГО РОЗВЕДЕННЯ.

Після того, як визначені параметри водовипуску (розсіювального або зосередженого), визначається кратність початкового розведення.

1) Для зосередженого водовипуску (методика Лапшова).

Кратність початкового розведення визначається за формулою:

$$n_n = \frac{0,248}{1-m} \cdot \bar{d}^2 \cdot \left[\sqrt{m^2 + 8,1 \cdot \frac{1-m}{\bar{d}^2}} - m \right] \cdot f, \quad (2.42)$$

де m – співвідношення швидкісних напорів:

$$m = \frac{\rho_\phi \cdot V_\phi}{\rho_{cm} \cdot V_{cm}}, \quad (2.43)$$

де ρ_ϕ і ρ_{cm} – відповідно щільність води водного об'єкту і стічних вод; у більшості випадків $\rho_\phi = \rho_{cm}$, тому:

$$m = \frac{V_\phi}{V_{cm}}. \quad (2.44)$$

Оскільки $V_{cm} > 4V_\phi$, то $m < 0,25$.

\bar{d} – відносний діаметр струменя, м, що дорівнює

$$\bar{d} = \sqrt{\frac{7,465}{\Delta V_m \cdot [\Delta V_m \cdot (1-m) + 1,92 \cdot m]}}; \quad (2.45)$$

де
$$\Delta V_m = \frac{0,15}{V_{cm} - V_\phi}. \quad (2.46)$$

Абсолютний діаметр струменя d – діаметр зони на межі початкового розведення, м, що розраховується за формулою:

$$d = d_0 \cdot \bar{d}. \quad (2.47)$$

У місці випуску стічних вод $d = d_0$. У процесі віддалення струменя від випуску здійснюється його розширення у вигляді конуса. Ділянка водотоку, де швидкість стічних вод на осі струменя порівнюється із швидкістю основного потоку (річки), вважається моментом, коли початкове розведення зникає – межа зони початкового розведення.

У міру розширення струменя його діаметр d може перевищити глибину водотоку. При цьому знижується інтенсивність турбулентного потоку, а, отже, кратність початкового розведення. Цей процес враховується за допомогою коефіцієнта стискання струменя f .

$d < h$ – струмінь не стискається і $f = 1$.

$d > h$ – відбувається стискання струменя і f визначається за графіком або за формулою:

$$f = 1,825 \cdot \frac{h}{d} - 0,781 \cdot \left(\frac{h}{d} \right)^2 - 0,0038. \quad (2.48)$$

Якщо розрахункове значення $f > 1$, то записують $f = 1$ (через похибку формули). Якщо d значно більше f , то n_n може бути менше 1, тоді записують $n_n = 1$.

2) Для розсіювального водовипуску.

Розсіювальний водовипуск дозволяє проводити випуск за всією шириною річки. Максимальний діаметр струменя d , м, визначається відстанню між оголовками і дорівнює їй, тобто

$$d = l_l. \quad (2.49)$$

Відносний діаметр струменя \bar{d} , м, визначається за формулою:

$$\bar{d} = \frac{d}{d_o} = \frac{l_l}{d_o}. \quad (2.50)$$

Далі визначаються m, f і n за вищевикладеною методикою.

5. Математична модель Стрітера-Фелпса

Прогноз величини БСК і вмісту розчиненого кисню в поверхневих водах, як правило, проводиться на основі математичної моделі Стрітера-Фелпса. Ця модель справедлива при наступних обмеженнях:

- витрата і гідравлічні характеристики потоку постійні;
- у водоймищі дотримується режим повного перемішування.

У загальному випадку система рівнянь Стрітера-Фелпса для турбулентного потоку записується у вигляді:

$$E \frac{d^2 L}{dx^2} - v \frac{dL}{dx} - k_1 L + f = 0; \quad (2.51)$$

$$E \frac{d^2 D}{dx^2} - v \frac{dD}{dx} - k_2 D + k_1 L - r = 0, \quad (2.52)$$

де E – коефіцієнт подовжньої дисперсії, м²/с;

L – величина БСК, гО₂/м³;

D – величина дефіциту кисню, г/м³;

k_1 і k_2 – величини коефіцієнта неконсервативності для БСК і коефіцієнта реаерації відповідно, 1/с;

f і r – інтенсивність зовнішнього потрапляння органічних речовин в одиницях БСК і розчиненого кисню відповідно, г/м³ с.

Під дефіцитом кисню розуміють різницю між величиною концентрації насичення C_s і концентрації розчиненого кисню S .

6. Методика визначення граничнодопустимої концентрації $C_{ГДС}$ в стічній воді. Резерв асимілюючої здатності

Розрахунок концентрації гранично допустимого скиду ($C_{ГДС}$) для одиничного водовипуску залежить від місця скиду стічних вод у водотік: у межах або поза межами населеного пункту.

При скиді у межах населеного пункту норми якості води мають виконуватися для господарсько-побутової категорії водокористування. При цьому розрахунок здійснюється окремо для:

- завислих речовин;
- речовин, що знаходяться у Загальних вимогах, та речовин, що належать до 3-го й 4-го класів небезпеки (КН), а також єдиних у своїй лімітуючій ознаці шкідливості (ЛОШ);
- речовин 1-го й 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ.

Має значення тип водовипуску: *зосереджений* або *розсіювальний*.

При скиді *за межами* населеного пункту норми якості води мають виконуватися для *рибогосподарської* категорії водокористування. При цьому розрахунок виконується окремо для:

- завислих речовин;
- речовин, що знаходяться у загальних вимогах, або єдиних у своїй ЛОШ;
- речовин з однаковими ЛОШ.

Тип водовипуску значення не має.

Для здійснення розрахунків необхідно оцінити стан водного об'єкту у відповідності до цієї категорії водокористування, тобто визначити наявність *резерву асимілюючої здатності (РАЗ)*. РАЗ – це здатність водного об'єкту прийняти додаткову масу забруднень без порушення в контрольному створі норм якості води, що відповідають даній категорії водокористування.

7. Методика визначення $C_{ГДС}$ для одиночного водовипуску в межах населеного пункту

Розрахунок $C_{ГДС}$ для водовипуску, розташованого у *межах* населеного пункту, здійснюється для господарсько-побутової категорії водокористування.

7.1. Зосереджений водовипуск

При використанні зосередженого водовипуску для скиду стічних вод у водотік у межах населеного пункту норми якості води мають виконуватися вже в самій стічній воді ("на трубі").

Завислі речовини.

Контрольний створ при розрахунку $C_{ГДС}$ одиночного водовипуску для завислих речовин розташовується на межі зони початкового розведення цього водовипуску, тобто на будь-якій відстані від місця випуску стічних вод до місця, де закінчується зона початкового розведення й починається основне розведення. Для розрахунку знати величину цієї відстані необов'язково, достатньо знати кратність початкового розведення (n_n).

Концентрація гранично допустимого скиду визначається за формулою:

$$C_{ГДС} = \min(C_{ГДС}^{розр}; C_{ст}), \quad (2.53)$$

де $C_{ст}$ – концентрація завислих речовин у стічній воді, мг/дм³;

$C_{ГДС}^{розр}$ – розрахункова величина, мг/дм³, що визначається за формулою:

$$C_{ГДС}^{розр} = C_{\phi} + \Delta \cdot n_n. \quad (2.54)$$

Ця формула отримана із залежності для розрахунку концентрації завислих речовин у контрольному створі:

$$C_{контр.ств.} = C_{\phi} + \Delta \cdot n_n = C_{\phi} + \frac{C_{ГДС}^{розр} - C_{\phi}}{n_n} \quad (\text{розраховувати не треба}),$$

де Δ – допустима величина перевищення фонові концентрації у водному об'єкті при скиді в нього стічних вод, мг/дм³. Для господарсько-побутової категорії водокористування $\Delta = 0,75$ мг/дм³;

n_n – кратність початкового розведення даного водовипуску.

Речовини, що знаходяться у Загальних вимогах або належать до 3-го й 4-го класів небезпеки, а також речовини, єдині у своїй ЛОШ.

При використанні зосередженого водовипуску в межах населеного пункту норми якості води для цих речовин мають виконуватися вже в самій стічній воді ("на трубі").

Також має виконуватися універсальна вимога $C_{ГДС} < C_{см}$, що завжди справедлива при розрахунку $C_{ГДС}$.

Концентрація гранично допустимого скиду визначається за формулою:

$$C_{ГДС} = \min(ГДК ; C_{см}). \quad (2.55)$$

Речовини 1-го й 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ.

При використанні зосередженого водовипуску в межах населеного пункту норми якості води для цих речовин мають виконуватися вже в самій стічній воді ("на трубі").

Для речовин 1-го або 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ недостатньо, щоб концентрація кожної з цих речовин у стічній воді не перевищувала ГДК. Для таких речовин діє принцип сумачії:

$$\frac{C_{ГДС1}}{ГДК_1} + \frac{C_{ГДС2}}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_{ГДСn}}{ГДК_n} = K_{i1} + K_{i2} + \dots + K_{in} \leq 1. \quad (2.56)$$

де K_i – коефіцієнт, що враховує ефект сумачії, і розраховується для кожної з речовин за формулою:

$$K_i = \frac{C_{смi}}{ГДК_i}, \quad (2.57)$$

де $C_{смi}$ – концентрація в стічних водах забруднюючих речовин 1-го або 2-го КН з однаковими ЛОШ;

$ГДК_i$ – гранично допустима концентрація цих речовин.

Обов'язково має виконуватися умова:

$$\sum K_i \leq 1 \quad (\text{перша умова}), \quad (2.58)$$

Якщо умова не виконується, здійснюється зниження K_i для всіх речовин 1-го або 2-го КН у цій ЛОШ, або декількох, або будь-якого одного, так, щоб $\sum K_i = 1$. При зниженні K_i , зазвичай, користуються співвідношенням:

$$K_i \geq \frac{C_{\phi i}}{ГДК_i} \quad (\text{друга умова}). \quad (2.59)$$

Таким чином, величина K_i знаходиться в інтервалі:

$$\frac{C_{\phi i}}{ГДК_i} \leq K_i \leq \frac{C_{смi}}{ГДК_i}. \quad (\text{третя умова}). \quad (2.60)$$

Однак третя умова може виконуватися не завжди, тобто коли $C_{\phi} > C_{см}$ виникає протиріччя, у цьому випадку третьою умовою нехтують (конфлікт першої й третьої умов). Також третьою умовою нехтують і тоді, коли необхідно зменшити K_i , щоб у сумі вони дорівнювали 1, а третя умова не дозволяє цього зробити (конфлікт другої й третьої умов).

Після того, як сума K_i не перевищує 1, визначають $C_{ГДС}$ для кожної з речовин:

$$C_{ГДС} = K_i \cdot ГДК_i. \quad (2.61)$$

У випадку, коли початково $\sum K_i < 1$, і немає необхідності зменшувати K_i , тоді

$$C_{ГДСi} = C_{смi}. \quad (2.62)$$

7.2. Розсіювальний водовипуск

Якщо скид зворотних вод у водотік здійснюється в межах населеного пункту через ефективний розсіювальний водовипуск, то ГДС має забезпечити норми якості води господарсько-побутової категорії водокористування на границі зони початкового розведення цього водовипуску.

Для здійснення розрахунків необхідно оцінити стан водного об'єкту у відповідності до цієї категорії водокористування, тобто визначити наявність *резерву асимілюючої здатності (РАЗ)*.

Тому для кожної з речовин існує дві розрахункові ситуації, коли:

- РАЗ існує;
- РАЗ не існує.

РАЗ існує, якщо:

- для речовин із Загальних вимог або 3-го й 4-го класів небезпеки, або єдиних у своїй ЛОШ, має виконуватися умова:

$$\frac{C_{\phi i}}{ГДК_i} < 1 ; \quad (2.63)$$

- для речовин 1-го або 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ має виконуватися умова:

$$\sum \frac{C_{\phi i}}{ГДК_i} < 1 . \quad (2.64)$$

Таким чином, при проведенні розрахунку необхідно визначити наявність РАЗ і у подальшому розраховувати вказані параметри за однією з двох наведених нижче методик.

7.2.1. Розрахунок $C_{ГДС}$ для розсіювального водовипуску, коли РАЗ існує Завислі речовини.

Для завислих речовин у межах населеного пункту розрахунок завжди однаковий, незалежно від типу водовипуску й існування РАЗ.

Концентрація гранично допустимого скиду визначається за формулою 2.53:

$$C_{ГДС} = \min(C_{ГДС}^{розр} ; C_{ст}) ,$$

де $C_{ст}$ – концентрація завислих речовин у стічній воді, мг/дм³;

$C_{ГДС}^{розр}$ - розрахункова величина, мг/дм³, що визначається за формулою 2.54:

$$C_{ГДС}^{розр} = C_{\phi} + \Delta \cdot n_n ,$$

Речовини, що знаходяться у Загальних вимогах або належать до 3-го й 4-го класів небезпеки, а також речовини, єдині у своїй ЛОШ.

Концентрація гранично допустимого скиду визначається за формулою 2.53:

$$C_{ГДС} = \min(C_{ГДС}^{розр} ; C_{ст}) ,$$

$$\text{де} \quad C_{ГДС}^{розр} = C_{\phi} + (ГДК - C_{\phi}) \cdot n_n . \quad (2.65)$$

Речовини 1-го й 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ.

При скиді у водний об'єкт стічних вод, що містять речовини 1-го й 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ, недостатньо, щоб по кожній з речовин в контрольному створі виконувалась ГДК.

Для цих речовин діє принцип сумачії за формулою 2.58:

$$\sum K_i \leq 1,$$

де K_i – коефіцієнт, що враховує ефект сумачії. Визначається для кожної з речовин за формулою:

$$K_i = \frac{C_i^{\text{факт.к.с.}}}{ГДК_i}, \quad (2.66)$$

де $C_i^{\text{факт.к.с.}}$ - концентрація речовини в контрольному створі при випуску стічних вод з концентрацією $C_{ст}$, що розраховується за формулою:

$$C_i^{\text{факт.к.с.}} = C_{\phi i} + \frac{C_{ст i} - C_{\phi i}}{n_i}. \quad (2.67)$$

Обов'язково має виконуватися умова:

$$\sum K_i \leq 1 \quad (\text{перша умова}),$$

Якщо умова не виконується, здійснюється зниження K_i для всіх речовин 1-го або 2-го КН у цій ЛОШ, або декількох, або будь-якого одного, так, щоб $\sum K_i = 1$. При зниженні K_i , зазвичай, користуються співвідношенням за формулою 2.59:

$$K_i \geq \frac{C_{\phi i}}{ГДК_i} \quad (\text{друга умова}).$$

Таким чином, величина K_i знаходиться в інтервалі:

$$\frac{C_{\phi i}}{ГДК_i} \leq K_i \leq \frac{C_i^{\text{факт.к.с.}}}{ГДК_i}. \quad (\text{третья умова}). \quad (2.68)$$

Однак третя умова може виконуватися не завжди, тобто коли $C_{\phi} > C_i^{\text{факт.к.с.}}$ виникає протиріччя. У цьому випадку третьою умовою нехтують (конфлікт першої й третьої умов). Також третьою умовою нехтують і тоді, коли необхідно зменшити K_i , щоб у сумі вони дорівнювали 1, а третя умова не дозволяє цього зробити (конфлікт другої й третьої умов).

Після того, як сума K_i не перевищує 1, визначають $C_{ГДС}$ для кожної з речовин:

$$C_{ГДС} = C_{\phi} + (K_i \cdot ГДК_i - C_{\phi}) \cdot n_i. \quad (2.69)$$

У випадку, коли початково $\sum K_i < 1$, і немає необхідності зменшувати K_i , тоді $C_{ГДС i} = C_{ст i}$.

7.2.2. Розрахунок $C_{ГДС}$ для розсіювального водовипуску, коли РАЗ не існує

Якщо РАЗ відсутній, то норми якості води мають виконуватися вже в самій стічній воді ("на трубі"). Таким чином, розрахунок $C_{ГДС}$ здійснюється аналогічно зосередженому водовипуску в межах населеного пункту (див. п. 7.1).

8. Методика визначення $C_{ГДС}$ для поодинокого водовипуску за межами населеного пункту

Розрахунок $C_{ГДС}$ для водовипуску, розташованого *поза межами* населеного пункту, виконується для рибогосподарської категорії водокористування.

У даній методиці немає різниці, який використовується водовипуск - розсіювальний або зосереджений. Норми якості води (ГДК) даної категорії водокористування мають виконуватися в контрольному створі, розташованому на відстані не більш ніж 500 м нижче за течією від випуску стічних вод. При

цьому необхідно попередньо знати величину кратності повного розведення (n) від місця випуску до контрольного створу.

Для проведення розрахунків необхідно визначити, чи існує РАЗ.

Тому для кожної з речовин існує дві розрахункові ситуації, коли:

- РАЗ існує;
- РАЗ не існує.

Таким чином, при розрахунку необхідно визначити наявність РАЗ і далі розраховувати за однією з двох наведених нижче методик.

Розрахунок дуже схожий на аналогічний розрахунок у межах населеного пункту. Відмінність полягає у тому, що тут використовується кратність повного розведення (n).

8.1. Розрахунок $C_{ГДС}$, коли РАЗ існує **Завислі речовини.**

Для завислих речовин поза межами населеного пункту розрахунок завжди однаковий, незалежно від існування РАЗ.

Концентрація гранично допустимого скиду визначається за формулою 2.53:

$$C_{ГДС} = \min(C_{ГДС}^{розр} ; C_{ст}),$$

де $C_{ст}$ – концентрація завислих речовин у стічній воді, мг/дм³;

$C_{ГДС}^{розр}$ - розрахункова величина, що визначається за формулою:

$$C_{ГДС}^{розр} = C_{\phi} + \Delta \cdot n, \quad (2.70)$$

де Δ – допустима величина перевищення фонові концентрації у водному об'єкті при скиді в нього стічних вод, мг/дм³. Для рибогосподарської вищої й першої категорій $\Delta = 0,25$ мг/дм³, а для рибогосподарської другої категорії $\Delta = 0,75$ мг/дм³ (див. Загальні вимоги);

n – кратність повного розведення даного водовипуску.

Речовини, що перебувають у Загальних вимогах або єдині у своїй ЛОШ.

Для кожної з речовин ГДК мають виконуватися в контрольному створі.

Концентрація гранично допустимого скиду визначається за формулою 2.53:

$$C_{ГДС} = \min(C_{ГДС}^{розр} ; C_{ст}),$$

де

$$C_{ГДС}^{розр} = C_{\phi} + (ГДК - C_{\phi}) \cdot n. \quad (2.71)$$

Речовини з однаковими ЛОШ.

При скиді у водний об'єкт стічних вод, що містять речовини з однаковими ЛОШ, недостатньо, щоб по кожній з речовин в контрольному створі виконувалася ГДК.

Для цих речовин діє принцип сумачії за формулою 2.58:

$$K_{i1} + K_{i2} + \dots + K_{in} \leq 1,$$

де K_i - коефіцієнт, що враховує ефект сумачії. Визначається для кожної з речовин за формулою 2.66:

$$K_i = \frac{C_i^{факт.к.с.}}{ПДК_i},$$

де $C_i^{факт.к.с.}$ - концентрація речовини в контрольному створі при випуску стічних вод з концентрацією $C_{ст}$, яка визначається за формулою :

$$C_{i\text{факт.к.с.}} = C_{\phi i} + \frac{C_{\text{ст } i} - C_{\phi i}}{n} \quad (2.72)$$

Обов'язково має виконуватися умова:

$$\sum K_i \leq 1 \quad (\text{перша умова}).$$

Якщо умова не виконується, здійснюється зниження K_i для всіх речовин у цій ЛОШ, або декількох, або будь-якого одного, так, щоб $\sum K_i = 1$. При зниженні K_i , зазвичай, користуються співвідношенням:

$$K_i \geq \frac{C_{\phi i}}{ГДК_i} \quad (\text{друга умова}).$$

Таким чином, величина K_i перебуває в інтервалі

$$\frac{C_{\phi i}}{ГДК_i} \leq K_i \leq \frac{C_{i\text{факт.к.с.}}}{ГДК_i} \quad (\text{третя умова})$$

Однак третя умова може виконуватися не завжди, тобто коли $C_{\phi} > C_{\text{ст}}^{\text{факт.к.с.}}$ виникає протиріччя. У цьому випадку третьою умовою нехтують (конфлікт першої й третьої умов). Також третьою умовою нехтують і тоді, коли необхідно зменшити K_i , щоб у сумі вони дорівнювали 1, а третя умова не дозволяє цього зробити (конфлікт другої й третьої умов).

Після того, як сума K_i не перевищує 1, визначають $C_{ГДС}$ для кожної з речовин:

$$C_{ГДС} = C_{\phi} + (K_i \cdot ГДК_i - C_{\phi}) \cdot n \quad (2.73)$$

У випадку, коли початково $\sum K_i < 1$, і немає необхідності зменшувати K_i , тоді $C_{ГДС i} = C_{\text{ст } i}$.

8.2. Розрахунок $C_{ГДС}$, коли РАЗ не існує

Якщо РАЗ відсутній, то норми якості води мають виконуватися вже в самій стічній воді ("на трубі").

Таким чином, розрахунок $C_{ГДС}$ для речовин із Загальних вимог і речовин, єдиних у своїй ЛОШ, здійснюється аналогічно зосередженому водовипуску в межах населеного пункту (див. п. 1.1 "для речовин, що знаходяться в Загальних вимогах або належать до 3-го й 4-го класів небезпеки, а також речовин, єдиних у своїй ЛОШ").

Розрахунок $C_{ГДС}$ для речовин з однаковими ЛОШ виконується аналогічно зосередженому водовипуску в межах населеного пункту (див. п. 8.1 "для речовин 1-го й 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ").

Для завислих речовин розрахунок аналогічний розрахунку $C_{ГДС}$ поза межами населеного пункту, коли РАЗ існує (п. 8.1).

9. Методика визначення $C_{ГДС}$ для декількох водовипусків

Дана методика басейнового принципу дозволяє визначити концентрації гранично допустимого скиду ($C_{ГДС}$) для декількох близько розташованих водовипусків, відстані між якими не перевищують відстані до контрольних створів по кожному з них, тобто кожен попередній водовипуск впливає на подальший.

Норми якості води мають дотримуватися в контрольному створі нижче за останній водовипуск. Виникає завдання - розподілити навантаження між водовипусками, щоб в контрольному створі дотримувалися норми якості води.

Розрахунок $C_{ГДС}$ для декількох близько розташованих водовипусків залежить від місця скиду стічних вод у водоток: у *межах* або *поза межами* населеного пункту.

При скиді у *межах* населеного пункту норми якості води мають виконуватися для господарчо-побутової категорії водокористування. При цьому розрахунок проводиться окремо для:

- завислих речовин;
- речовин, що знаходяться в Загальних вимогах і речовин, що належать до 3-го і 4-го класів небезпеки, а також єдиних у своїй ЛОШ;
- речовин 1-го і 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ.

Має значення тип водовипуску: *зосереджений* або *розсіювальний*.

При скиді *поза межами* населеного пункту норми якості води мають виконуватися для рибогосподарської категорії водокористування. При цьому розрахунок проводиться окремо для:

- завислих речовин;
- речовин, що знаходяться в Загальних вимогах або єдиних у своїй ЛОШ;
- речовин з однаковими ЛОШ.

Тип водовипуску значення не має.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ

Випуск стічних вод здійснюється у межах населеного пункту.

Розрахунок $C_{ГДС}$ для водовипуску, розташованого у *межах* населеного пункту, проводиться для господарчо-побутової категорії водокористування!

9.1. Для зосереджених водовипусків

При використанні зосереджених водовипусків для скиду стічних вод у водоток у межах населеного пункту норми якості води мають виконуватися вже в самій стічній воді (“на трубі”).

У разі, коли всі близько розташовані водовипуски зосередженого типу, кожен з них розраховується окремо, як самостійний окремий водовипуск у межах населеного пункту.

Завислі речовини.

Концентрація на межі зони початкового розведення останнього водовипуску при фактичному скиді стічних вод в кожному випуску $C_{cm i}$:

$$C_i^{\text{факт к.с.}} = C_{\phi i} + \sum \frac{C_{cm i} - C_{\phi i}}{n_n}, \quad (2.74)$$

або

$$C_i^{\text{факт к.с.}} = C_{\phi i} + \underbrace{\frac{C_{cm i}^I - C_{\phi i}}{n_n^I}}_{\sigma_1} + \underbrace{\frac{C_{cm i}^{II} - C_{\phi i}}{n_n^{II}}}_{\sigma_2} + \underbrace{\frac{C_{cm i}^{III} - C_{\phi i}}{n_n^{III}}}_{\sigma_3} + \text{і так далі,}$$

де C_{ϕ} – концентрація завислих речовин в річці, мг/дм³;

C_{cm} – концентрація завислих речовин в стічній воді, мг/дм³;

Якщо $\sigma \leq 0$, то σ приймаємо рівною 0.

Зміна вмісту завислих речовин повинна відповідати нормативу на межі зони початкового розведення останнього водовипуску:

$$C_{\phi} + \Delta = C_{\phi i} + \underbrace{\frac{C^I_{\text{ПДС}} - C_{\phi i}}{n^I_n}}_{\Delta_1} + \underbrace{\frac{C^{II}_{\text{ПДС}} - C_{\phi i}}{n^{II}_n}}_{\Delta_2} + \underbrace{\frac{C^{III}_{\text{ПДС}} - C_{\phi i}}{n^{III}_n}}_{\Delta_3}, \quad (2.75)$$

причому $\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = \Delta$,

де $C_{\text{ГДС}}$ – величина гранично допустимого скиду, мг/дм³;

Δ – допустима величина перевищення фонові концентрації у водному об'єкті при скиді в нього стічних вод, мг/дм³. Для господарчо-побутової категорії $\Delta=0,75$ мг/дм³ (див. Загальні вимоги);

n_n – кратність початкового розведення від даного водовипуску до загального контрольного створу.

Кінцева величина ГДС не повинна перевищувати фактичний скид, тобто:

$$\Delta_1 \leq \sigma_1;$$

$$\Delta_2 \leq \sigma_2;$$

$$\Delta_3 \leq \sigma_3.$$

Якщо σ_1 (або σ_2 або σ_3) ≤ 0 , то σ_1 (або σ_2 або σ_3) приймаємо рівною 0 і, відповідно, Δ_1 (або Δ_2 або Δ_3) = 0.

Таким чином, величини Δ_1 , Δ_2 і Δ_3 встановлюються самостійно з урахуванням того, щоб не перевищували відповідно σ_1 , σ_2 і σ_3 , а в сумі дорівнювали Δ .

Величина гранично допустимого скиду стічних вод щодо кожного випуску розраховується за формулою 2.54:

$$C^I_{\text{ГДС}} = C_{\phi i} + \Delta_1 \cdot n^I_n;$$

$$C^{II}_{\text{ГДС}} = C_{\phi i} + \Delta_2 \cdot n^{II}_n;$$

$$C^{III}_{\text{ГДС}} = C_{\phi i} + \Delta_3 \cdot n^{III}_n.$$

Завжди $C_{\text{ГДС}} \leq C_{\text{ст}}$, тобто якщо при розрахунку виходить в якомусь з випусків $C_{\text{ГДС}} > C_{\text{ст}}$ (наприклад, якщо $C_{\phi} > C_{\text{ст}}$), то приймаємо $C_{\text{ГДС}} = C_{\text{ст}}$.

9.2. Для розсіювальних водовипусків

Якщо скид зворотних вод у водотік здійснюється у межах населеного пункту через близько розташовані розсіювальні водовипуски, то ГДС повинен забезпечити норми якості води господарчо-побутової категорії водокористування на межі зони початкового розведення останнього розсіювального водовипуску.

Для проведення розрахунків необхідно оцінити стан водного об'єкту відповідно до цієї категорії водокористування, тобто визначити наявність *резерву асимілюючої здатності (РАЗ)*.

Тому для кожної речовини існує дві розрахункові ситуації, коли:

- РАЗ існує;
- РАЗ не існує.

РАЗ існує, якщо:

– для речовин із Загальних вимог або 3-го і 4-го класів небезпеки, або єдиних у своїй ЛОШ має виконуватися умова, згідно з формулою 2.63:

$$\frac{C_{\phi i}}{ПДК_i} < 1;$$

– для речовин 1-го або 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ має виконуватися умова, згідно з формулою 2.64:

$$\sum \frac{C_{\phi i}}{ПДК_i} < 1.$$

Таким чином, при розрахунку необхідно визначити наявність РАЗ і далі розраховувати за однією з двох нижченаведених методик.

9.2.1. Розрахунок $C_{ГДС}$ для розсіювального водовипуску, коли РАЗ існує Завислі речовини.

Розрахунок проводиться аналогічно, як для зосереджених водовипусків у межах населеного пункту.

Речовини, що знаходяться в Загальних вимогах або належать до 3-го і 4-го класів небезпеки, а також речовини, єдині у своїй ЛОШ.

Концентрація на межі зони початкового розведення останнього водовипуску при фактичному скиді стічних вод в кожному випуску $C_{cm i}$ визначається за формулою:

$$C_i^{\text{факт к.с.}} = C_{\phi i} + \sum \frac{C_{cm i} - C_{\phi i}}{n_n} \quad (2.76)$$

або

$$C_i^{\text{факт к.с.}} = C_{\phi i} + \underbrace{\frac{C^I_{cm i} - C_{\phi i}}{n^I_n}}_{\sigma_1} + \underbrace{\frac{C^{II}_{cm i} - C_{\phi i}}{n^{II}_n}}_{\sigma_2} + \underbrace{\frac{C^{III}_{cm i} - C_{\phi i}}{n^{III}_n}}_{\sigma_3} + \text{і так далі,}$$

де C_{ϕ} – концентрація речовини в річці, мг/дм³;

C_{cm} – концентрація речовини в стічній воді, мг/дм³.

Якщо $\sigma \leq 0$, то σ приймаємо рівною 0.

Концентрації речовин повинні відповідати нормативу на межі зони початкового розведення останнього розсіювального водовипуску:

$$ПДК_i = C_{\phi i} + \underbrace{\frac{C^I_{ПДС} - C_{\phi i}}{n^I_n}}_{\Delta_1} + \underbrace{\frac{C^{II}_{ПДС} - C_{\phi i}}{n^{II}_n}}_{\Delta_2} + \underbrace{\frac{C^{III}_{ПДС} - C_{\phi i}}{n^{III}_n}}_{\Delta_3}, \quad (2.77)$$

$$\text{причому } \underbrace{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3}_{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = ГДК_i - C_{\phi i}}$$

де $C_{ГДС}$ – величина гранично допустимого скиду, мг/дм³;

$ГДК_i$ – гранично допустима величина концентрації речовини в контрольному створі, мг/дм³;

n_n – кратність початкового розведення від даного водовипуску до загального контрольного створу.

Кінцева величина ГДС не повинна перевищувати фактичний скид, тобто:

$$\Delta_1 \leq \sigma_1;$$

$$\Delta_2 \leq \sigma_2;$$

$$\Delta_3 \leq \sigma_3.$$

Якщо σ_1 (або σ_2 або σ_3) ≤ 0 , то σ_1 (або σ_2 або σ_3) приймаємо рівною 0 і, відповідно, Δ_1 (або Δ_2 або Δ_3) = 0.

Таким чином, величини Δ_1 , Δ_2 і Δ_3 встановлюються самостійно з урахуванням того, щоб не перевищували відповідно σ_1 , σ_2 і σ_3 , а в сумі дорівнювали $ГДК_i - C_{\phi i}$.

Величина гранично допустимого скиду стічних вод по кожному випуску розраховується за формулою 2.54:

$$C_{ПДС}^I = C_{\phi i} + \Delta_1 \cdot n_n^I;$$

$$C_{ПДС}^{II} = C_{\phi i} + \Delta_2 \cdot n_n^{II};$$

$$C_{ПДС}^{III} = C_{\phi i} + \Delta_3 \cdot n_n^{III}.$$

Завжди $C_{ГДС} \leq C_{ст}$, тобто якщо при розрахунку виходить в якомусь з випусків $C_{ГДС} > C_{ст}$ (наприклад, якщо $C_{\phi} > C_{ст}$), то приймаємо $C_{ГДС} = C_{ст}$.

Речовини 1-го і 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ.

При скиді у водний об'єкт стічних вод, що містять речовини 1-го і 2-го класів небезпеки з однаковими ЛОШ, недостатньо, щоб по кожній речовині в контрольному створі дотримувалася ГДК.

Для цих речовин діє принцип сумачії (ф. 2.58):

$$K_{i1} + K_{i2} + \dots + K_{in} \leq 1,$$

де K_i – коефіцієнт, що враховує ефект сумачії. Знаходиться для кожної з речовин за формулою 2.66:

$$K_i = \frac{C_i^{\text{факт.к.с.}}}{ПДК_i}$$

де $C_i^{\text{факт.к.с.}}$ – концентрація речовини в контрольному створі при випуску стічних вод з концентрацією $C_{ст}$:

$$C_i^{\text{факт.к.с.}} = C_{\phi i} + \underbrace{\frac{C_{cm i}^I - C_{\phi i}}{n_n^I}}_{\sigma_1} + \underbrace{\frac{C_{cm i}^{II} - C_{\phi i}}{n_n^{II}}}_{\sigma_2} + \underbrace{\frac{C_{cm i}^{III} - C_{\phi i}}{n_n^{III}}}_{\sigma_3} + \text{і так далі,}$$

де C_{ϕ} – концентрація речовини в річці, мг/дм³;

C_{cm} – концентрація речовини в стічній воді, мг/дм³.

Обов'язково має виконуватися умова:

$$\sum K_i \leq 1 \quad (\text{перша умова}).$$

Якщо умова не виконується, проводиться зниження K_i для всіх речовин 1 - го або 2-го КН у цій ЛОШ, або декілька, або будь-якого одного, так, щоб $\sum K_i = 1$. При зниженні K_i , зазвичай, користуються співвідношенням:

$$K_i \geq \frac{C_{\phi i}}{ПДК_i} \quad (\text{друга умова}).$$

Таким чином, величина K_i знаходиться в інтервалі:

$$\frac{C_{\phi i}}{ПДК_i} \leq K_i \leq \frac{C_i^{\text{факт.к.с.}}}{ПДК_i}. \quad (\text{третья умова})$$

Проте третя умова може виконуватися не завжди, тобто коли $C_{\phi} > C_i^{\text{факт.к.с.}}$, виникає суперечність, в цьому випадку третьою умовою нехтують (конфлікт першої і третьої умов). Також третьою умовою нехтують і тоді, коли необхідно

зменшити K_i , щоб в сумі вони дорівнювали 1, а третя умова не дозволяє цього зробити (конфлікт другої і третьої умов).

Після того, як сума K_i не перевищує 1, в контрольному створі повинно забезпечуватися:

$$K_i \cdot ПДК_i = C_{\phi i} + \underbrace{\frac{C^I_{ПДС} - C_{\phi i}}{n^I_n}}_{\Delta_1} + \underbrace{\frac{C^{II}_{ПДС} - C_{\phi i}}{n^{II}_n}}_{\Delta_2} + \underbrace{\frac{C^{III}_{ПДС} - C_{\phi i}}{n^{III}_n}}_{\Delta_3}, \quad (2.77)$$

причому $\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = K_i \cdot ГДК_i - C_{\phi i}$,

де $C_{ГДС}$ – величина гранично допустимого скиду, мг/дм³;

$ГДК_i$ – гранично допустима величина концентрації речовини в контрольному створі, мг/дм³;

n_n – кратність початкового розведення від даного водовипуску до загального контрольного створу.

Кінцева величина ГДС не повинна перевищувати фактичний скид, тобто:

$$\Delta_1 \leq \sigma_1;$$

$$\Delta_2 \leq \sigma_2;$$

$$\Delta_3 \leq \sigma_3.$$

Якщо σ_1 (або σ_2 або σ_3) ≤ 0 , то σ_1 (або σ_2 або σ_3) приймаємо рівною 0 і, відповідно, Δ_1 (або Δ_2 або Δ_3) = 0.

Таким чином, величини Δ_1 , Δ_2 і Δ_3 встановлюються самостійно з урахуванням того, щоб не перевищували відповідно σ_1 , σ_2 і σ_3 , а в сумі дорівнювали $K_i \cdot ГДК_i - C_{\phi i}$.

Величина гранично допустимого скиду стічних вод по кожному випуску розраховується за формулою 2.54:

$$C^I_{ПДС} = C_{\phi i} + \Delta_1 \cdot n^I_n;$$

$$C^{II}_{ПДС} = C_{\phi i} + \Delta_2 \cdot n^{II}_n;$$

$$C^{III}_{ПДС} = C_{\phi i} + \Delta_3 \cdot n^{III}_n.$$

Завжди $C_{ГДС} \leq C_{ст}$, тобто якщо при розрахунку виходить в якомусь з випусків $C_{ГДС} > C_{ст}$ (наприклад, якщо $C_{\phi} > C_{ст}$), то приймаємо $C_{ГДС} = C_{ст}$.

9.2.2. Розрахунок $C_{ГДС}$ для розсіювального водовипуску, коли РАЗ не існує

Якщо РАЗ відсутній, то норми якості води мають дотримуватися вже в самій стічній воді (“на трубі”). Таким чином, розрахунок $C_{ГДС}$ проводиться аналогічно зосередженим водовипускам у межах населеного пункту (див. п. 1.1).

Пам'ятка для вирішення завдань щодо розрахунку $C_{ГДС}$ для декількох випусків у межах населеного пункту:

1. **Завислі речовини** завжди розраховуються згідно п. 9.1.

2. Для **рейти всіх речовин і показників**. У разі, коли застосовуються водовипуски різного типу (тобто і зосереджені (С), і розсіювальні (Р) одночасно), спочатку необхідно визначити $C_{ГДС}$ для зосереджених водовипусків (згідно п. 1.1) – тобто як для окремих зосереджених водовипусків.

3. Визначається місцеположення контрольного створу: після останнього розсіювального водовипуску.

4. Після того, як зосереджені водовипуски розраховані, для контрольного створу складається рівняння за визначенням $C_i^{\text{факт.к.с.}}$, в якому беруть участь тільки ті водовипуски, які знаходяться до останнього розсіювального водовипуску, включаючи і його самого. Причому, якщо до їх числа потрапляє(ють) і зосереджені водовипуски, то замість $C_{\text{ст}}$ підставляється $C_{\text{ГДС}}$. і контрольний створ знаходитиметься на межі зони початкового розведення останнього розсіювального водовипуску. Для всіх зосереджених водовипусків, розташованих після останнього розсіювального – норма "на трубі".

Наприклад, порядок розташування водовипусків: $C_1-C_2-P_3-C_4$.

Послідовність рішення.

Спочатку визначаємо $C_{\text{ГДС}}$ для випусків C_1 , C_2 і C_4 окремо для кожного.

Контрольний створ розташований після випуску P_3 , на межі його зони початкового розведення.

Потім щодо контрольного створу складаємо рівняння для $C_i^{\text{факт.к.с.}}$, але без урахування випуску C_4 , і для випусків C_1 і C_2 замість $C_{\text{ст}}$ підставляємо вже знайдені значення $C_{\text{ГДС}}$:

$$C_i^{\text{факт.к.с.}} = C_{\phi i} + \frac{C^I_{\text{ПДС} i} - C_{\phi i}}{n^I_n} + \frac{C^{\text{II}}_{\text{ПДС} i} - C_{\phi i}}{n^{\text{II}}_n} + \frac{C^{\text{III}}_{\text{ст} i} - C_{\phi i}}{n^{\text{III}}_n}.$$

$$\text{Таким чином } C_i^{\text{факт.к.с.}} = C_{\phi i} + \Delta_1 + \Delta_2 + \sigma_3,$$

де Δ_1 і Δ_2 вже не змінюються, а необхідно визначити тільки σ_3 .

Далі завдання вирішується за вищенаведеною методикою з урахуванням конкретної речовини або показника.

Випуск стічних вод здійснюється поза межами населеного пункту.

Розрахунок $C_{\text{ГДС}}$ для водовипуску, розташованого поза межами населеного пункту, проводиться для рибогосподарської категорії водокористування.

У даній методиці немає різниці, які використовуються водовипуски – розсіювальні або зосереджені. Норми якості води (ГДК) даної категорії водокористування повинні виконуватися в контрольному створі, розташованому на відстані не більше 500 м нижче за течією від останнього випуску стічних вод.

Для проведення розрахунків необхідно визначити, чи існує РАЗ.

Тому для кожної речовини існує дві розрахункові ситуації, коли:

- РАЗ існує;
- РАЗ не існує.

Таким чином, при розрахунку необхідно визначити наявність РАЗ і далі розраховувати за однією з двох нижченаведених методик.

Розрахунок дуже схожий на аналогічний розрахунок у межах населеного пункту. Відмінність полягає у тому, що тут використовується кратність повного розведення n .

9.2.3. Розрахунок $C_{ГДС}$, коли РАЗ існує Завислі речовини.

Для завислих речовин поза межами населеного пункту розрахунок завжди однаковий, незалежно від існування РАЗ.

Розрахунок проводиться аналогічно п. 9.2.1,

але, де Δ – допустима величина перевищення фонові концентрації у водному об'єкті при скиді в нього стічних вод, мг/дм³. Для рибогосподарської **вищої і першої** категорій $\Delta=0,25$ мг/дм³, а для рибогосподарської **другої** категорії $\Delta=0,75$ мг/дм³ (див. Загальні вимоги);

а замість n_n підставляємо n – кратність повного розведення даного водовипуску.

Речовини, що знаходяться в загальних вимогах або єдині у своїй ЛОШ.

Розрахунок проводиться аналогічно п. 9.2.1,

але, ГДК – для рибогосподарської категорії водокористування;

а замість n_n підставляємо n – кратність повного розведення даного водовипуску.

Речовини з однаковими ЛОШ.

Розрахунок проводиться аналогічно п. 9.2.1,

але, ГДК – для рибогосподарської категорії водокористування;

а замість n_n підставляємо n – кратність повного розведення даного водовипуску.

9.2.4. Розрахунок $C_{ГДС}$, коли РАЗ не існує

Якщо РАЗ відсутній, то норми якості води мають дотримуватися вже в самій стічній воді (“на трубі”).

Розрахунок проводиться аналогічно п. 9.1,

але, ГДК – для рибогосподарської категорії водокористування.

Контрольні питання до ЗМ 1.2.

1. Моделі якості поверхневих вод.
2. Фонова концентрація речовин у водних об'єктах.
3. Кратність повного розведення. Початкові дані для розрахунку кратності розведення.
4. Математична модель Стріттера-Фелпса.
5. Граничнодопустима концентрація речовини у воді водних об'єктів.
6. Граничнодопустимий скид стічних вод.
7. Резерв асимілюючої здатності водного об'єкту.
8. Визначення $C_{ГДС}$, якщо водовипуск розташований у межах населеного пункту.
9. Визначення $C_{ГДС}$, якщо водовипуск розташований поза межами населеного пункту.

ЗМ 2.2. Внутрішньоводоймні процеси формування якості поверхневих вод

10. Екосистема. Основні процеси, що відбуваються в екосистемі: процеси самоочищення водних об'єктів, перенос речовини та енергії водним потоком, трансформація речовини

Якість води є наслідком двох основних процесів – потрапляння речовин їх зовнішніх джерел і внутрішньоводоймних змін, що відбуваються з речовинами унаслідок функціонування водних екосистем.

Екосистема – це єдиний природний комплекс, утворений живими організмами і місцем їх існування, в якому живі і кісткові компоненти зв'язані обміном речовини і енергії.

У водній екосистемі відбувається спільне функціонування біотичного співтовариства і неживої природи. Причому, нежива природа є джерелом речовини і енергії, необхідним для існування біоти.

Потрапляючи у водний об'єкт із зовнішніх джерел, речовини стають елементами екосистеми, і, таким чином, включаються в основні процеси, що відбуваються в екосистемі.

Перш за все, це процеси *трансформації речовини*. Трансформація речовини може здійснюватися фізичним, хімічним і біологічним шляхом. Речовини, що поступають у водні об'єкти, вносять зміни в їх газовий і сольовий режими, що може привести до порушення рівноваги екосистем. В результаті процесів трансформації речовин, що поступили, в одному об'єкті може відбуватися відновлення його первинного стану або здійснюватися перехід в інший стійкий стан. Процеси, в результаті яких відновлюється фоновий стан водного об'єкту, називаються процесами *самоочищення*. Самоочищення - це один з процесів, що формують якість води у водному об'єкті. Основним постачальником речовини і енергії є водна маса. Іншим процесом, що впливає на формування якості води, є *перенесення речовини і енергії водним потоком*. В силу притаманних водному потоку фізичних особливостей в ньому відбувається безперервний перерозподіл речовини і енергії, обумовлений процесами *перемішування*.

11. Процес формування якості води

Процес формування якості води у водному об'єкті можна представити таким чином:

- 1) розчинені і завислі речовини поступають у водний об'єкт із зосереджених або дифузійних джерел;
- 2) під впливом гідравлічних чинників (перенесення і перемішування) відбувається кількісний перерозподіл речовин у водному потоці;
- 3) під впливом фізичних, хімічних і біологічних чинників відбувається якісна трансформація речовин.

Склад води у водних об'єктах формується і постійно змінюється під впливом автохтонних та алохтонних чинників. Процеси забруднення та самоочищення вод відбуваються одночасно.

Склад води водних об'єктів формується головним чином консервативними речовинами. Він повинен задовольняти умовам проживання гідро-біонтів і вимогам споживання води для питних та інших потреб людини. Це можливо забезпечити шляхом обмеження негативного впливу алохтонних чинників та підвищенням позитивного впливу на формування складу природних вод автохтонних чинників.

Але перш за все треба з'ясувати ту межу, за якою вода може стати непридатною як середовище проживання або як споживний природний ресурс. За цими ознаками визначається якість води водних об'єктів.

12. Консервативні та неконсервативні речовини

Здатність піддаватися якісній зміні властива не всім речовинам.

Речовини, що надходять до водних об'єктів від джерел забруднення, поділяються на консервативні і неконсервативні.

Консервативні речовини не зазнають деструкції у водному середовищі. Зменшення питомого вмісту цих речовин до безпечних концентрацій досягається шляхом розбавлення, седиментації, поглинання гідро-біонтами.

Неконсервативні речовини піддаються у водному середовищі деструкції під впливом фізичних, хімічних та біологічних чинників.

Характеристикою, що кількісно визначає спроможність речовини піддаватися трансформації є коефіцієнт неконсервативності (K), який визначає швидкість зменшення концентрації речовини у воді.

Неконсервативні речовини поділяються на м'які, що швидко окислюються у воді ($K > 0,13$ ¹/добу), жорсткі, що важко піддаються біохімічному окисленню ($K < 0,025$ ¹/добу), і проміжні ($0,025 \leq K \leq 0,13$ ¹/добу).

13. Гідравлічні процеси формування якості води

Гідравлічні чинники є єдиними чинниками (внутрішньоводоймними), які визначають якість води за консервативними речовинами.

Природна вода є розчином із складним хімічним складом. Вода є тим фізичним середовищем, в якому водна екосистема здійснює кругообіг речовини і енергії. Крім того, для консервативних речовин гідравлічні процеси є єдиними з внутрішньоводоймних, що впливають на їх концентрацію.

Характер перенесення речовини потоком залежить від виду руху рідини, який у свою чергу визначається типом водного об'єкту і його гідравлічними характеристиками. У водотоках істотну роль у формуванні якості води грає конвективне перенесення.

Реальні водотоки є безнапірними турбулентними потоками, рух води в яких в сталих умовах має нерівномірний характер. Це пояснюється непризматичним характером русел реальних водотоків. Проте розрахункові залежності для нерівномірних потоків досить складні і незручні в практичному використанні. Тому в інженерно-екологічних розрахунках приймають, що на окремих ділянках водотоків рух води має рівномірний характер.

Складнішим завданням є врахування ефекту турбулентності. Відмінною рисою турбулентного режиму течій є пульсація швидкостей. Тобто безперервна їх зміна в кожній точці потоку за величиною і напрямом. Основними джерелами виникнення турбулентності є зони розриву швидкостей, тобто такі області, де спостерігається різкий стрибок швидкостей між прилеглими шарами рідини. Пульсаційний рух обумовлює обмін між сусідніми шарами рідини. Цей процес отримав назву турбулентного перемішування. Турбулентне перемішування завжди направлене на вирівнювання концентрацій або температур. Оскільки цей процес за своїм результатом аналогічний процесу молекулярної дифузії, то турбулентне перемішування називають також турбулентною дифузією.

Турбулентна дифузія приводить до перемішування забруднених струменів рідини з суміжними, чистішими. Результатом цього процесу є розбавлення стічних вод основним потоком. Інтенсивність і характер перемішування стічних вод з водою водних об'єктів залежить від гідравлічних характеристик водного об'єкту, кількості і способу вступу стічних вод. Спосіб вступу стічних вод визначається типом випуску.

Для кількісної оцінки процесу розбавлення використовують різні методи. До числа найбільш використовуваного відносять метод Фролова-Родзіллера – для водотоків, метод Руффеля – для водоймищ і метод Караушева, що має універсальний характер.

14. Самоочищення водних об'єктів

Самоочищення природних вод – це процес розкладу та виведення з водного середовища забруднюючих речовин, завдяки чому зберігається екологічне благополуччя водного об'єкту. Самоочищення відбувається внаслідок взаємодії механічних, фізичних, хімічних, фізико-хімічних та біологічних чинників.

До *механічних* чинників можна віднести перемішування та розбавлення скидних вод водою водного об'єкту, здрібнення завислих речовин, їх осадження (седиментація), фільтрацію забруднених вод крізь донні шари.

Фізичні чинники самоочищення: температура, сонячна радіація, газообмін між атмосферним повітрям і водною масою.

Фізико-хімічні чинники: розчинення мінеральних та органічних речовин, сорбція розчинених органічних домішок поверхнею завислих речовин, тіл гідробіонтів, донними відкладеннями.

Хімічні чинники: реакції окислення домішок розчиненим у воді киснем, хімічні реакції речовин, утворення комплексних нерозчинних сполук.

Біологічні чинники: біофільтрація, мінералізація органічних сполук, фотосинтетична аерація - реаерація, біоаккумуляція, біодетоксикація.

Біофільтрацію здійснюють двійчасті молюски, планктонні ракоподібні та інші організми-фільтрати, пропускаючи крізь своє тіло воду і вилучаючи таким чином завислі речовини, деякі розчинені органічні та мінеральні сполуки, використовуючи ці речовини для свого годування. Відходи життєдіяльності цих організмів у вигляді слизуватих грудок сідають на дно.

Гідро-біонти здатні накопичувати вилучені з води речовини. Така їх властивість має назву – біоаккумуляція. Вміст забруднюючих речовин в організмах гідробіонтів (коефіцієнт накопичення) при проходженні за трофічними ланками збільшується на декілька порядків. Так, у водоростях коефіцієнт накопичення дорівнює 5, у гіллястовусих рачків – 10, у дрібних риб від 100 до 1000, у риб-хижаків – до 10 тис.

Завдяки біоаккумуляції у водному середовищі зменшується вміст завислих та розчинених органічних та мінеральних речовин. При відмиранні гідробіонтів деяка частина речовин повертається у воду, але більшість з них під впливом ферментації руйнується і переходить у нетоксичну форму.

Деструкція і біоконцентрація токсичних речовин у водному середовищі внаслідок життєдіяльності гідробіонтів має назву біодетоксикація.

Мінералізація органічних речовин у воді відбувається завдяки життєдіяльності у першу чергу бактерій. Це дає можливість визначати якість води за бактеріологічними показниками, наприклад, за загальною чисельністю

бактеріопланктону, бактерій групи кишкови палички (колі-титр і колі-індекс) та сапрофітів. Зростання чисельності бактерій у пробах води вказує на підвищення забруднення. Зокрема наявність у воді кишкової палички свідчить не тільки про фекальне забруднення, але й про підвищення вмісту органічної речовини внаслідок відмирання фітопланктону та вищої водної рослинності.

Фотосинтетична аерація – це насичення води киснем, що виділяється під час фотосинтезу водних рослин. Для цього процесу особливо плідно використання хлорококових водоростей-синтетиків.

Послідовний хід самоочищення в водотоках супроводжується відповідною зміною сапробності – від полісапробної зони до α – мезосапробної і далі – до β – мезосапробної і олігосапробної.

При наявності течії важливу роль у процесах самоочищення відіграють прикріплені форми гідробіонтів – перифітон, який складається з нитчастих водоростей, макрофітів і зообентосу. Перифітон покриває поверхню споруд, предметів та рослин, що занурені у воду.

Можна зробити висновок, що превалюючим чинником в самоочищенні водних об'єктів є біологічний. Але цей чинник є і найбільш уразливим. Значне надходження у водні об'єкти токсичних речовин, нестача кисню може призвести до підризу здатності природних вод до самоочищення.

15. Евтрофування водних об'єктів. Алохтоні та автохтонні чинники

Під евтрофіруванням розуміють гіперпродукцію органічної речовини у водному об'єкті під дією зовнішніх (алохтонних) і внутрішньоводоймних (автохтонних) чинників. Евтрофування є однієї з серйозних екологічних проблем, з якою стикаються майже всі розвинені країни. В результаті антропогенного вступу біогенних речовин у водні об'єкти сталося різке прискорення евтрофування. Особливо інтенсивно процеси евтрофування протікають на урбанізованих територіях, що зробило їх однією з найбільш характерних ознак, властивих міським водним об'єктам.

Трофність водного об'єкту відповідає рівню потрапляння органічної речовини або рівню його продуціювання в одиницю часу і, таким чином, є вираженням спільної дії органічної речовини, що утворилася при фотосинтезі і поступила ззовні. За рівнем трофності виділяють два крайніх типи водних об'єктів – оліготрофні і евтрофні.

Основним механізмом природного процесу евтрофування є замулювання водоймищ. Антропогенне евтрофування відбувається унаслідок вступу у воду надлишкової кількості біогенних елементів, як результат господарської діяльності. Високий вміст біогенів стимулює автотрофну гіперпродукцію органічної речовини. Результатом цього процесу є цвітіння води унаслідок надмірного розвитку альгофлори. Серед біогенних елементів, що поступають у воду, найбільший вплив на процеси евтрофування здійснюють азот і фосфор, оскільки їх вміст і співвідношення регулює швидкість первинного продуціювання.

Екологічний стан більшості водоймищ визначається фітопланктоном і залежить від ряду фізичних (освітленість, температура, швидкість потоку), хімічних (розчинений кисень, біогенні елементи) і біологічних чинників евтрофування.

16. Методи захисту та відновлення поверхневих водних об'єктів

Зменшення зовнішнього впливу на поверхневі водні об'єкти.

Зовнішній вплив на водні об'єкти проявляється у вигляді потрапляння до них сторонніх домішок і тепла, що приводить до порушення норм якості води. З метою підтримки самоочисної здатності водних об'єктів і забезпечення різних видів водокористування об'єм зовнішніх дій не повинен перевищувати встановлених нормативів ГДС. Реалізація норм ГДС досягається за рахунок зменшення кількості зворотних вод або зниження концентрації речовин в них. Основними організаційно-технічними заходами, вживаними в цих цілях, є:

- зміна технології виробництва;
- каналізування і санітарне очищення міст;
- повторне використання стічних вод;
- очищення стічних вод.

Інтенсифікація внутрішньоводоймних процесів.

Технології захисту і відновлення для водотоків.

В основі цих технологій лежить цілеспрямована зміна гідрологічних умов або безпосередній вплив на біотичну частину водної екосистеми. Основними технологічними рішеннями є зміна швидкості течії, форми поперечного перетину русла, матеріалу кріплення берегових укосів і розробка спеціальних біоінженерних споруд.

Технології для захисту і відновлення водоймищ.

У водоймищах характер внутрішньоводоймних процесів багато в чому визначається ступенем і характером екологічної стратифікації. Найважливішою проблемою водоймищ є евтрофування, тому більшість захисних технологій направлена на протидію цьому процесу. Такі технологи називаються технологіями деєвтрофування. Метою деєвтрофування є зниження рівня трофності водних об'єктів. Основні технологи деєвтрофування:

- видалення донних відкладень;
- екранування донних відкладень;
- відведення води з гіполімніона;
- хімічна обробка;
- зміна умов середовища.

Контрольні питання до ЗМ 2.2.

1. Екосистема. Основні процеси, що відбуваються в екосистемі.
2. Формування якості води.
3. Консервативні та неконсервативні речовини. Коефіцієнт неконсервативності.
4. Самоочищення природних вод
5. Евтрофування водних об'єктів
6. Методи захисту та відновлення поверхневих водних об'єктів.

МОДУЛЬ 3. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

ЗМ 3.1. Регулювання річкового стоку

1. Принципи регулювання річкового стоку

Споживання води у світі за останні 100 років зросло майже у 15 разів. Основним джерелом постачання прісної води є річковий стік. Утворення та надходження річкового стоку протягом року дуже нерівномірно. Основна маса води (до 70%) проходить річковим руслом у період весняних та дощових повеней, який триває сумарно 2-3 місяці. Таким чином більша частина річкового стоку недоступна для використання і «даремно» потрапляє у море.

Стік річок України у багатоводні роки в 4-5 разів більше, ніж у маловодні.

Для задоволення зростаючих обсягів споживання води доцільно забезпечити можливість використання всього об'єму річкового стоку рівномірно протягом року. З цією метою здійснюється акумуляція річкового стоку шляхом будівництва гребель на водотоках і утворення водосховищ. Водосховища забезпечують багаторічне, річне або сезонне регулювання річкового стоку. Багаторічне регулювання дозволяє накопичувати річковий стік у водосховищах в багатоводні роки, віддаючи його для споживання у маловодні роки. Річне та сезонне регулювання забезпечує перерозподіл річкового стоку в середині року, накопичуючи його у водосховищах в період повеней і віддаючи в меженний період. При створенні каскаду водосховищ зростає ефективність використання зарегульованого річкового стоку і підвищується його гарантований відбір для споживання.

2. Переваги та негативні наслідки регулювання

Регулювання річкового стоку за допомогою водосховищ дає можливість збільшити споживання прісної води в декілька разів для потреб комунально-побутового і технічного водопостачання, зрошення сільськогосподарських угідь та для обводнення засушливих територій. Акумульована в водосховищах вода шляхом міжбасейнового перерозподілу стоку подається у зневоднені райони, віддалені від крупних водних об'єктів.

При створенні на водосховищах гідроенергетичних установок водні ресурси, акумульовані в водосховищах, використовуються для виробництва електроенергії за рахунок застосування екологічно чистих відновлювальних природних ресурсів.

Каскадом водосховищ за допомогою шлюзів забезпечується суцільний судноплавний шлях.

На базі водосховищ набуває розвиток рекреація, рибне господарство, поширюється біорізноманіття.

Перехоплення у водосховищах паводкових витрат є гарантією захисту територій від повеней.

У маловодні роки нижній б'єф отримує гарантовану витрату води завдяки санітарно-екологічному попуску води крізь греблю.

Гідроенергетичний вузол з водосховищем згодом стає яскравою формою місцевого ландшафту та сприяє поліпшенню мікроклімату.

В той же час будівництво та експлуатація водосховищ завдає багато шкоди довкіллю та суспільству.

Перш за все це стосується відчуження земель і вилучення їх з сільськогосподарського використання.

До земельного відводу для створення гідроенергетичного об'єкту відноситься площа затоплення водосховищем, площа під будівництво греблі з енергоагрегатами і шлюзом, зона підтоплення водосховищем, площі для переносу із зон затоплення та підтоплення населених пунктів, залізниць, автошляхів, ліній електропередач тощо. Внаслідок затоплення втрачаються архітектурні, археологічні та історичні пам'ятки.

Створення водосховищ на рівнинних річках пов'язано з суттєво більшими затопленнями, ніж на гірських. Так, для накопичення 1 км^3 води у водосховище, розташоване на рівнині, під затоплення іде приблизно $320\text{-}350 \text{ км}^2$, а в гірських умовах лише $80\text{-}100 \text{ км}^2$.

Суттєвою проблемою є переселення населення з земельного відводу і будівництво житла, створення інфраструктури та інших умов життєзабезпечення на новому місці.

Переформування та обрушення берегів водосховищ призводить до їх замулення та утворення мілководдя. Мілководдя, які виникають також внаслідок підтоплення території навколо водосховищ, сприяють розплодженню комарів. Замулення водосховищ відбувається також внаслідок накопичення так званого стоку намулів (твердого стоку).

Створення греблі лишає можливості міграції на нерест анадромних риб.

Уповільнення швидкості течії води при зарегулювання водотоків погіршує самоочищення природних вод, викликає влітку «цвітіння» води, сприяє евтрофуванню водоймищ. Одночасно у водосховищі відбувається накопичення стічних вод, що до нього скидаються. Все це призводить до погіршення якості води у водосховищі та ускладнення умов мешкання гідро-біонтів.

Накопичення великої маси води у водосховищі викликає при певних тектонічних умовах землетруси до 2-3 балів.

3. Компенсаційні заходи щодо попередження та ліквідації негативних наслідків регулювання водотоків

При проектуванні водосховищ передбачаються заходи, спрямовані на компенсацію негативних наслідків регулювання річкового стоку.

Поза зонами підтоплення будуються нові населені пункти з повним комплексом благоустрою та сучасною інфраструктурою, куди переселяються мешканці міст і селищ, що затоплені водосховищами.

Замість затоплених сільськогосподарських угідь вводяться в оборот нові землі, на яких при необхідності здійснюється зрошення польових культур водою зі збудованого водосховища.

З метою обмеження площини затоплення та запобігання мілководь організується інженерний захист окремих об'єктів та територій, що особливо актуально при створенні водосховищ на рівнинних річках. Захисту від затоплення підлягають окремі міста та селища, промислові об'єкти, транспортні

та інші інженерні споруди, поклади корисних копалин, архітектурні, археологічні та історичні пам'ятки, об'єкти природно-заповідного фонду, цінні сільськогосподарські угіддя, території утворення мілководь значної площини.

До складу інженерного захисту територій входять:

- захисні дамби обваловування, що відгороджують водосховище від території, що підлягає захисту;
- дренажні системи для перехоплення та відводу води, що фільтрує з водосховища;
- насосних станцій з водоскидами для відведення у водосховище дренажних вод та поверхневого стоку з території, що захищається.

На територіях, що підтоплюються, влаштовується горизонтальний або багатолінійний дренаж, який при необхідності захисту окремих інженерних споруд може бути доповнений вертикальним дренажем для більш значного пониження рівня ґрунтових вод.

На територіях, об'єктованих дренажем, для будівництва окремих споруд або для сільськогосподарського використання земель при необхідності робиться штучне підвищення поверхні шляхом наміву або насипки ґрунта. На підтоплюємих землях, що примикають до населених пунктів або промислових підприємств, з метою їх розвитку одночасно здійснюється дренажування та підвищення рівня поверхні.

Для укріплення берегів водосховищ і захисту прибережної зони від руйнування застосовуються різні заходи зміцнення берегової лінії в зоні хвильового впливу. Це збірні або монолітні залізобетонні покриття, кам'яний накид, посадка деревинно-чагарникової рослинності з міцною кореневою системою, штучний намів з пологими відкосами, спорудження підпірних стінок, бун, хвильоломів.

Одним з найважливіших заходів для створення умов безпечної експлуатації водосховища та запобігання погіршення якості води є санітарна підготовка ложа, яка здійснюється по всій площині зон затоплення і підтоплення, а також на прибережній території.

Комплекс заходів з санітарної підготовки ложа водосховища включає:

- руйнування та вивезення усіх будівель та споруд, включаючи склади добрив, отрутохімікатів, мастильно-паливних матеріалів, каналізаційну мережу та очисні споруди;
- санітарну обробку території населених пунктів, приватних садіб, промислових підприємств;
- прибирання сміття, очистку і засипку вигребів, вивезення звалищ відходів;
- перенесення кладовищ і ліквідацію скотомогильників;
- знищення лісів та деревинно-чагарникової рослинності;
- тампонаж артезіанських і інших свердловин та засипання колодязів.

Одночасно знімається та вивозиться за межі земельного відводу шар родючого ґрунту, який використовується для підсипки території та підвищення родючості малопродуктивних земель.

Роботи з санітарної підготовки ложа та прибережної зони повинні бути закінчені не пізніше, ніж за рік до початку заповнення водосховища водою.

Для захисту водосховища від забруднення та замулення з водозбірної території вздовж узбережжя облаштовується водоохоронна зона, що простягається від урізу води до умовної лінії, з якої починається розмив ґрунту під час дощу або сніготанення. Місцезнаходження цієї умовної лінії залежить від ухилу водозбору та виду ґрунтів, що його складають. Водоохоронна зона забезпечує перехоплення та очистку поверхневого стоку, що надходить у водосховища з площини водозбору.

До складу водоохоронної зони входять:

- нагірні канали, що перехоплюють поверхневий стік і направляють його до запруд та ставків;
- запруди та ставки, споруджені у балках і низинах, де відбувається освітлення та очищення поверхневого стоку від завислих речовин і залишків добрив та отрутохімікатів;
- прибережна захисна смуга, засаджена деревинно-чагарниковою та трав'янистою рослинністю, що фільтрує поверхневий стік перед тим, як він потрапить до водосховища. Розміри прибережних захисних смуг залежать від категорії річок, що були зарегульовані.

Одночасно вживають фітомеліоративні заходи по закріпленню яруг, крутоярів, інших місць на водозборі, схильних до ерозії.

Запобігання руйнуванню берегів та протиерозійні заходи на водозбірній території взагалі сприяють зменшенню замулювання водосховищ. Відкладення, що утворилися внаслідок осідання наносів, вилучаються з водосховища шляхом промивання крізь нижні отвори греблі або за допомогою земснарядів. Донний мул є чудовим добривом для сільськогосподарських угідь.

При зарегулюванні водотоків вживаються заходи щодо відтворення та розвитку рибного господарства. В затоках та на мілководдях створюються рибоводні заводи, риборозплідники, нерестово-вирощувальні господарства, розводяться гідробіонти для живлення молоді риб. В небезпечних для риб місцях таких, як всисні отвори гідротурбін та насосів робляться рибозахисні ґрати та екрани або пристрої з використанням електричних, акустичних чи оптичних завіс.

Для нерестових міграцій анадромних риб будуються рибоходи та рибопідйомники. Але ефективність цих пристроїв дуже низька і багато риби гине у нижньому б'єфі, особливо у перший рік перекриття греблею русла водотоку.

Важливе значення для відтворення рибних ресурсів має якість води водосховища. Поряд з вищезгаданими заходами, як то: підготовка та санітарна обробка ложа, створення водоохоронних зон, здійснюються заходи по запобіганню забруднення водосховища стічними водами та скидами забруднених вод і сміття з суден, надходження забруднень з місць стоянок маломірного флоту тощо.

Підтриманню необхідної якості води сприяє також регулювання внутрішньоводоймищних процесів з метою інтенсифікації самоочищення води у водосховищах. Такі заходи передбачають:

- штучну аерацію води, особливо в зимовий період, коли встановлюється льодостав;

- біологічну меліорацію водосховища, яка включає видалення з водної поверхні синьо-зелених водоростей механічними (за допомогою тралів) або хімічними (обробкою мідним чи залізним купоросом) засобами, обмеження надходження до водосховища біогенних елементів (сполук азоту і фосфору), розповсюдження рослинної риби (білий амур, товстолобик та ін.), обмеження надходжень забруднень з притоків шляхом створення на них руслових та наплавних біоплато;

- покращення водообміну у водосховищах шляхом організації екологічних попусків в каскаді водосховищ. Всі ці заходи одночасно сприяють зменшенню евтрофування водосховищ.

При створенні водосховищ значна увага приділяється формуванню рекреаційної інфраструктури: обладнанню пляжів, стоянок маломірного флоту, будівництво закладів відпочинку та оздоровлення, доступу населення до водойм.

Здійснюються протималярійні заходи шляхом знищення осередків розпліднення комарів та постійним епідеміологічним наглядом за станом здоров'я населення.

З метою збереження місцевої флори і фауни, підвищення біологічного різноманіття здійснюються такі заходи:

- відлов та переселення тварин з зони затоплення;
- створення сприятливих умов для розселення навколо водних тварин (бобрів, ондатр, нутрій та ін.);
- рекультивація території після закінчення будівельних робіт з відтворенням лісових масивів та луків;
- створення мисливських господарств;
- забезпечення сприятливих умов гніздування та зимівлі водно-болотних птахів;
- інтродукція у водосховища гідробіонтів, що сприяють самоочищенню води і збільшують кормову базу риби;
- збереження, розширення та створення нових об'єктів природно-заповідного фонду.

Для збереження архітектурних та історичних пам'яток їх переносять з зони затоплення або відгороджують від водосховища захисними дамбами.

4. Комплексне використання водосховищ

Паводкова складова річкового стоку, що акумулюється водосховищем, витрачається протягом року. Водосховища забезпечують комплексне використання водних ресурсів для потреб гідроенергетики, судноплавства, рибного господарства, водопостачання, зрошення, рекреації.

Для виробництва електроенергії використовується енергія водного потоку, величина якої залежить від перепаду відміток вільної поверхні води у водосховищі та розташуванні гідротурбіни:

$$E = 9,81 \times \rho \times H \times Q \times t, \quad (3.1)$$

де E – енергія водного потоку, кДж; $9,81$ – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; ρ – щільність рідини (для води $\rho = 1 \text{ т/м}^3$); H – перепад відміток між рівнем води у водосховищі та розташуванням гідротурбіни, м; Q – витрата води, що проходить крізь турбіну, $\text{м}^3/\text{год.}$; t – тривалість роботи турбіни, год.

Для виробництва електрики гідроелектростанції використовують екологічно чистий природний ресурс, що постійно відновлюється.

Для здійснення судноплавства водосховище забезпечує необхідну глибину води, не менш 7 м. До складу гідровузлів входять шлюзи та суднопідйомники. На водосховищах створюються порти, ремонтні доки та інша інфраструктура судноплавства. Каскадом водосховищ утворюється глибоководна транспортна система значної протяжності.

Собівартість перевезень по внутрішніх водних шляхах значно нижча порівняно з іншими видами транспорту.

Можливості водосховища можуть в значній мірі компенсувати негативні наслідки для рибного населення регулювання річкового стоку завдяки розвитку рибного господарства шляхом створення певних умов для відтворення промислових видів рибних ресурсів.

Накопичення води у водосховищі створює широкі можливості для покращення водопостачання та зрошення, в тому числі для подачі води у віддалені маловодні регіони шляхом між басейнового перерозподілу річкового стоку.

В останні роки зростає рекреаційне значення водосховищ. Прісна чиста вода, затишок та рибальство приваблюють відпочиваючих і становлять конкуренцію шумним морським курортам. Особливо вигідно рекреаційне використання водосховищ для місцевого населення.

В прибережній зоні водосховищ створюється розвинена рекреаційна інфраструктура, яка включає облаштування пляжів, будівництво автошляхів, готелів та кемпінгів, очисних споруд, автостоянок з авто-заправками, проводиться озеленення. В населених пунктах створюються пляжі та гідропарки, облаштовуються стоянки для маломірного флоту.

Використання рекреаційних можливостей водосховищ суттєво підвищує їх економічну ефективність, дозволяє частково компенсувати витрати на їх будівництво, змінює негативне ставлення громадськості до зарегулювання водотоків.

Наявність водосховища гарантує здійснення санітарно-екологічного попуску у нижній б'єф, що забезпечує нормальні умови водокористування у незарегульованій частині річки.

Слід відмітити, що інтереси учасників водогосподарського комплексу водосховища часто взаємо-суперечливі.

Так, гідроенергетики, намагаючись збільшити виробництво електроенергії, пропускають крізь турбіни значні витрати води. Це знижує рівень води у водосховищі, що у період нересту перешкоджає збільшенню рибних ресурсів.

Вилучення значної кількості води улітку для зрошення сільськогосподарських угідь з одночасною роботою гідроенергоагрегатів на повну потужність веде до пониження рівня води у водосховищі, що шкодить його використанню для рекреації, а іноді і для судноплавства.

З метою узгодження інтересів учасників водогосподарського комплексу розробляються *правила експлуатації водосховища*. Критеріальною основою розробки цих правил є соціальна і економічна ефективність використання водосховища. Правила експлуатації розробляються при проектуванні

водосховища і можуть уточнюватися з урахуванням досвіду і конкретних умов експлуатації.

5. Дніпровський каскад водосховищ

Як свідчить світова практика, найбільш ефективне використання водних і гідроенергетичних ресурсів досягається при створенні каскадів водосховищ, які об'єднані в єдиний водогосподарський комплекс. В каскаді забезпечується більш повне регулювання і використання водних ресурсів, особливо для виробництва електроенергії, створюються гнучкі умови для взаємодії співучасників водогосподарського комплексу.

Каскад водосховищ справляє суттєвий вплив на економіку регіону, а іноді і країни в цілому. Свідчення цьому – Дніпровський каскад водосховищ, який створювався протягом майже півстоліття (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Основні характеристики водосховищ Дніпровського каскаду.

Найменування водосховища	Рік наповнення	Потужність ГЕС, МВт	Повний об'єм, км ³	Площа поверхні, км ²	Довжина по фарватеру, км	Максимальна глибина, м
Київське	1965	361	3,73	922	110	19,5
Канівське	1972	444	2,62	675	123	21,0
Кременчуцьке	1961	625	13,5	2250	149	20,0
Дніпродзержинське	1964	352	2,45	576	114	16,0
Дніпровське (Дніпрогес-1;2)	1933; 1980	1538	3,3	410	129	53,0
Каховське	1956	351	18,2	2150	230	24,0
Всього		3671	43,81	6983	855	

Перше водосховище каскаду – Дніпровське і Дніпрогес – було збудовано в 1933 р. Потужність Дніпрогесу становила 650 МВт. Після створення Дніпровського каскаду потужність Дніпрогесу була збільшена майже у 2,4 рази завдяки додатковому установленню гідроенергоагрегатів і використання річкового стоку, акумульованого чотирма водосховищами, що розташовані вище за течією Дніпра.

Після наповнення Дніпровського водосховища поринули у воду дніпровські пороги, які споконвіку поділяли Дніпро на верхній та нижній, заважаючи безперервному судноплавству. Таким чином був створений суцільний судноплавний шлях по Дніпру.

Другим після Дніпровського було збудовано Каховське водосховище, основне призначення якого – забезпечити водою посушливі райони південних областей України і живлення Північно-Кримського, Каховського та каналу Дніпро-Кривий Ріг.

Третім було введено в дію Кременчуцьке водосховище, з якого живиться канал Дніпро-Інгулець.

Четверте водосховище каскаду – Дніпродзержинське є джерелом живлення каналу Дніпро-Донбас.

Верхнє водосховище каскаду – Київське, перехоплює твердий стік та інші забруднення, що надходять по Дніпру з території Росії та Білорусі. Після аварії на ЧАЕС Київським водосховищем утримуються донні відклади, вражені радіонуклідами. Для цього у верхній частині збудовано дамбу, занурену у воду,

яка акумулює радіоактивні відклади. Київське водосховище є також нижнім водоймищем Київської гідроакумулюючої електростанції (ГАЕС), яка розташована на правому березі водосховища. ГАЕС регулює пікові навантаження у споживанні електроенергії. Для цього ГАЕС має дві водойми – нижню і верхню. Зранку та ввечері, коли потреби в електроенергії суттєво зростають, вода з верхнього водоймища крізь гідроенергоагрегати ГАЕС надходить до нижнього водоймища. Електрика, що при цьому виробляється, надходить до енергомережі. В нічну пору, коли потреби в електроенергії мінімальні, гідроенергоагрегати ГАЕС працюють як насоси, перекачуючи воду з нижнього водоймища у верхнє.

Введенням в дію Канівського водосховища завершено будівництво Дніпровського каскаду. Створено суцільний судноплавний шлях по Дніпру від Чорного моря до гирла р. Прип'ять.

Акумульований водосховищами стік Дніпра декілька разів проходить крізь гідроенергоагрегати і виробляє електрику, обсяг якої становить від 4 до 10% загального виробництва енергії в Україні.

Але найбільшим результатом створення Дніпровського каскаду водосховищ є забезпечення водою майже 50% населення і економіки України.

6. Міжбасейновий перерозподіл річкового стоку

Перерозподіл річкового стоку здійснюється шляхом постачання води з одного річкового басейну до інших, де внаслідок посушливого клімату або господарської діяльності утворився дефіцит водних ресурсів.

В Україні існують на разі два регіони, де внаслідок тривалого видобутку корисних копалин утворився стійкий дефіцит водних ресурсів. Це Донбас і Криворіжжя. Під час будівництва шахт і особливо при відкритому видобутку корисних копалин за допомогою кар'єрів нищаться підземні та поверхневі водні об'єкти. В той же час промисловість, яка розвивається на базі видобутку корисних копалин, потребує значні обсяги води.

Постійно страждає від посухи степова зона південних областей України.

Місцеві водні ресурси цих регіонів не в змозі забезпечити питне та технічне водоспоживання, а також зрошення сільськогосподарських угідь.

Постачання води в такі регіони здійснюється з більш багатих на воду районів за допомогою каналів і потужних водогонів.

Першим каналом для водопостачання, збудованим в Україні, був канал Сіверський Донець – Донбас.

Оскільки витрати води р. Сіверський Донець знижуються у межінь до 5-7 м³/с, для живлення каналу було збудовано Червонооскільське водосховище на р. Оскіл об'ємом 474 млн. м³. З цього водосховища вода в необхідній кількості скидається в р. Оскіл – притоку р. Сів. Донець і далі потрапляє до водозабору каналу, який розташований на р. Сів. Донець, біля селища Райгородок Слав'янського району Донецької області вище гирла р. Казений Торець. В місці водозабору р. Сів. Донець перекрита греблею, що забезпечує підйом рівня води на 5 м. Канал довжиною 132 км подає воду з р. Сів. Донець у верхів'я р. Кальміус, де збудовано Верхнекальміуське водосховище. З каналу здійснюється

водопостачання міст Донецчини: Слав'янська, Краматорська, Артемівська, Горловки та інш. Максимальна пропускна здатність каналу – $43 \text{ м}^3/\text{с}$.

Головний Каховський магістральний канал, збудований у 1980 р., бере початок з Каховського водосховища, з якого вода насосною станцією продуктивністю $530 \text{ м}^3/\text{с}$ подається на висоту 25 м у приймальний басейн каналу. Канал довжиною 130 км подає воду в Каховську зрошувальну систему.

Канал Дніпро-Кривий Ріг, збудований у 1961 р. і реконструйований у 1979 р., бере початок з Каховського водосховища. Канал пропускною здатністю $44 \text{ м}^3/\text{с}$, довжиною 41,3 км живить наливне Південне водосховище, Карачунівське водосховище на р. Інгулець і Кресівське водосховище на р. Саксагань. З цих водосховищ здійснюється водопостачання м. Кривий Ріг, Криворізького залізничного басейну та зрошення сільськогосподарських угідь.

Канал Дніпро-Інгулець, збудований у 1982 р., бере початок з Кременчуцького водосховища і подає воду до Іскрівського водосховища на р. Інгулець. Канал призначений для водопостачання Кіровоградського та Криворізького промрайонів, а також для зрошення сільськогосподарських угідь Кіровоградської та Дніпропетровської областей. Канал має продуктивність $51 \text{ м}^3/\text{с}$ і довжину 86,8 км.

Північно-Кримський канал, будівництво якого завершено у 1985 р., має пропускну здатність $294 \text{ м}^3/\text{с}$ з можливістю підвищення її до $450 \text{ м}^3/\text{с}$. Загальна довжина каналу – 400,4 км. З каналу здійснюється водопостачання міст Сімферополя і Севастополя, Керченського промрайону, багатьох населених пунктів Херсонської області і АР Крим, зрошення сільськогосподарських угідь Херсонщини і Степового Криму.

Канал Дніпро–Донбас загальною довжиною 434 км і пропускною здатністю $120 \text{ м}^3/\text{с}$ з можливістю підвищення її до $240 \text{ м}^3/\text{с}$ забезпечує водопостачання Харківської і Донецької областей, а також зрошення сільськогосподарських угідь. Канал бере початок з Дніпродзержинського водосховища, утворює по трасі Орельківське та Краснопавлівське і закінчується Карловським водосховищем на р. Вовча поблизу м. Донецька.

Виконані проектні розробки будівництва каналу Дунай–Дніпро. Канал призначений для обводнення посушливих районів Одеської та Миколаївської областей. Однак основною перепорою будівництва каналу є незадовільна якість дунайської води.

Для водопостачання міст та населених пунктів збудовані потужні водогони, такі як Перший і Другий Донецький, водогін Краснопавлівка – м. Харків та інші.

7. Використання та охорона підземних вод

До підземних вод відносять усі види вод, що знаходяться нижче поверхні землі. По характеру зв'язку з гірськими породами і рухливості підземні води підрозділяють на хімічно та фізично зв'язані, капілярні та вільні.

Хімічно зв'язана вода міцно утримується гірською породою і може бути видалена тільки за допомогою нагрівання.

Фізично зв'язана вода утримується частками рихлої гірської породи у вигляді колоїдів та адгезійними силами.

Капілярна вода пересувається знизу вгору по порах гірських порід під впливом сил поверхневого натягу.

Вільна (гравітаційна) вода заповнює пори і пустоти в гірських породах і пересувається в них під впливом сили ваги в різноманітних напрямках під впливом перепаду тисків (градієнту напору).

Формування та живлення підземних вод здійснюється головним чином за рахунок атмосферних опадів.

Перший від земної поверхні водоносний горизонт складають ґрунтові води. Завдяки наближеності до джерел забруднення і відсутності ізолюючих прошарків забрудненість цих вод настільки стійка, що очищення їх з метою наступного використання недоцільне.

Міжпластові води, що залягають на глибинах до 100 м, мають порівняно кращу захищеність від поверхневих забруднень. Ці води використовуються для водопостачання. Проте при інтенсивній експлуатації горизонтів міжпластових вод, особливо на невеликих глибинах до 40-80 м, спостерігається забруднення цих вод нафтопродуктами, фенолами і навіть отрутохімікатами внаслідок проникнення ґрунтових вод. Підвищується також мінералізація та жорсткість міжпластових вод.

Вагомими джерелами забруднення ґрунтових та міжпластових вод є звалища побутових та промислових відходів, накопичувачі рідких відходів, промайданчики та очисні споруди, витoki каналізаційних мереж, нафто гонів та нафтоховищ.

Підземні води у межах артезіанських басейнів, зона розвитку яких простягається до глибини від декількох сотень метрів до 1 км, мають найбільшу захищеність у вигляді щільних гірських порід, що залягають над ними. Але й ці ресурси прісної води не можуть вважатися повністю захищеними, бо забруднення до них потрапляють крізь стовбури несправних або недіючих свердловин, а також внаслідок виснажливого видобутку підземних вод і проникнення до артезіанських басейнів забруднень як техногенного, так і природного походження.

Підземні води питної якості повинні використовуватися перш за все для задоволення потреб питного і господарсько-побутового водопостачання населення, а також харчової промисловості та тваринництва. З метою збереження запасів чистої прісної води високої якості можливо є сенс виділити власне питне водопостачання з підземних джерел від іншого господарсько-побутового і технічного водопостачання.

Заходи з охорони підземних вод від забруднення мають мати запобіжний характер і бути реалізовані під час проектування і будівництва об'єктів та житлових масивів.

Зберігання високої якості і запасів підземних вод може бути забезпечене насамперед шляхом розробки і організації економних режимів експлуатації підземних водоносних горизонтів. Система контролю як за кількісними показниками обсягів підземних вод, так і, особливо, за зміною їхнього складу дає можливість фіксувати погіршення якості води і своєчасно корегувати

режим експлуатації водозаборів шляхом визначення припустимих рівнів видобутку підземних вод, при яких гарантується прийнятна якість води на тривалу перспективу.

Іншим напрямком охорони підземних вод від забруднення є локалізація, ліквідація і запобігання появи нових техногенних джерел забруднення водоносних горизонтів.

Збільшення віддачі підземних водоносних горизонтів може бути досягнуте за рахунок штучного поповнення запасів підземних вод.

Штучне поповнення запасів підземних вод спрямоване на поліпшення живлення підземних вод, збільшення або зберігання експлуатаційних ресурсів водоносного пласту або родовища підземних вод, а також на поліпшення або зберігання їх якості. У деяких випадках це необхідно робити для продовження терміну роботи існуючих водозаборів.

Головним джерелом штучного поповнення запасів підземних вод є річкових стік. Іншими джерелами можуть бути злизові і поталі води, води шахтного водовідливу, дренажні води за умови, якщо вони задовольняють вимогам якості води.

Існують два головних методи штучного поповнення – розподіл і нагнітання.

Метод розподілу використовується для поповнення запасів підземних безнапірних вод, коли зона аерації складається з добре проникливих відкладень або з прошарків суглинків або глин товщиною не більше 4 м. Такі інфільтраційні споруди мають назву відкритих.

Метод розподілу може виконуватися різноманітними засобами у вигляді інфільтраційних басейнів, каналів, траншей, котлованів, затоплених ділянок природної поверхні або спеціально підготовлених (наприклад, устроєм борозен) площадок, розчищених з метою посилення інфільтрації русел постійних і тимчасових водотоків – русловий метод. При товщині слабо-проникливого покривного прошарку 5-20 м використовуються засипані гравієм фільтруючі криниці діаметром 1 і більш метрів.

Метод нагнітання застосовується для закачування води в напірні водоносні горизонти або ж в умовах, коли з поверхні землі залягають потужні (більше 10 м) прошарки слабо-проникливих порід.

Метод нагнітання передбачає застосування свердловин і галерей, у котрі вода подається під тиском. Це так звані закриті інфільтраційні споруди. Своєрідним способом штучного поповнення підземних вод можна вважати посилення живлення експлуатаційного водоносного горизонту за рахунок суміжних, що залягають вище або нижче експлуатаційного, шляхом їх з'єднання за допомогою свердловин. Таке можливо за умови, якщо ток води у суміжному горизонті вище, ніж у експлуатаційному.

Негативним чинником, що згодом веде до зниження продуктивності інфільтраційних споруд є кольматація фільтруючих поверхонь завислими речовинами або мулом, тому інфільтраційні споруди слід періодично чистити 1-2 рази за рік.

В окремих випадках для одержання освітленої річкової води в поймі можуть облаштовуватися свердловини, галерейні або променеві водозабори.

Така вода може використовуватися для технічного водопостачання без додаткового очищення. Інфільтраційні споруди можна розмістити ближче до споживача і знизити тим самим витрати на транспортування води. Такі джерела водопостачання мають більшу захищеність, ніж поверхневі водні об'єкти.

8. Басейновий принцип управління водними ресурсами

Відповідно до Загальнодержавної програми розвитку водного господарства України, управління водними ресурсами здійснюється за басейновим принципом, який є основою планування і впровадження методів раціонального водокористування, а також охорони і відтворення водних ресурсів. Створені Державні управління водними ресурсами по басейнах річок України з метою забезпечення населення і галузей економіки достатньою кількістю водних ресурсів необхідної якості. Басейнові управління водних ресурсів є структурними підрозділами Держводгоспа України.

Басейнові управління водних ресурсів здійснюють:

1. Державне управління у галузі водного господарства, єдину технічну політику впровадження у водне господарство досягнень науки, техніки, нових технологій і передового досвіду.

2. Розробку і встановлення режимів роботи водосховищ комплексного призначення, затвердження правил їх експлуатації і моніторингу якісного стану водних ресурсів і меліоративних земель.

3. Розробку і участь в реалізації державних, міждержавних і регіональних програм використання і охорони вод, та відновлення водних ресурсів.

4. Забезпечення потреб населення і галузей економіки у водних ресурсах і здійснення їх міжбасейнового перерозподілу.

5. Радіологічний, гідрохімічний, токсикологічний і бактеріологічний моніторинг водних об'єктів комплексного призначення.

6. Заходи щодо екологічного оздоровлення поверхневих водних об'єктів і догляду за ними.

7. Заходи щодо популяризації екологічних знань, дбайливого відношення до водних ресурсів і т.п., роз'яснювальну роботу, інформування і консультації з населенням щодо діяльності та актуальних питань розвитку водогосподарсько-меліоративного комплексу.

8. Державний облік водокористування, ведення державного водного кадастру, аналіз і узагальнення даних державного обліку водокористування по басейну.

9. Міжнародну співпрацю у галузі використання і охорони вод та відновлення водних ресурсів прикордонних вод.

10. Контроль дотримання режимів роботи водосховищ і водогосподарських систем, вирішення інших питань у галузі управління, контролю використання і охорони вод та відновлення водних ресурсів.

У загальному випадку схема управління на басейновому рівні являє собою послідовність (цикл) наступних дій:

- накопичення інформації про стан водного об'єкту і вплив на нього;
- визначення вільного ресурсу водного об'єкту;
- розробка параметрів обмеження на використання вод за наслідками оцінки вільного ресурсу, а також з урахуванням конкурентних умов і необхідності попередження конфліктів;

- введення обмежень в дію;
- контроль виконання обмежень;
- організація виконання басейнових водозахисних робіт і заходів;
- оцінка результатів водокористування і впливу на водний об'єкт і розробка перспективних напрямів діяльності.

Басейнове планування водокористування здійснюється як загальне (для гирлового створу), так і детальне. Загальне планування забезпечує глобальну перевірку принципів можливостей вирішення завдань і прогнозування результату на величезній території річкового басейну.

9. Шкідливі дії вод

До шкідливих дій вод відносяться явища і процеси, які відбуваються при прямій або побічній участі вод і наносять збиток навколишньому середовищу, населенню або господарським об'єктам.

Шкідливими діями вод є:

- повені, що призвели до затоплення і підтоплення земель та населених пунктів;
- аварії гідротехнічних споруд;
- руйнування берегів, захисних дамб та інших споруд;
- заболочення, підтоплення і засолення земель, спричинені підвищенням рівня ґрунтових вод внаслідок ненормованої подачі води під час зрошення, створення ставків та водосховищ, витікання води з водопровідно-каналізаційних систем тощо;
- селеві потоки;
- затоплення і підтоплення земель в районах видобування корисних копалин, а також після закінчення експлуатації родовищ та їх консервації;
- водна ерозія ґрунтів;
- утворення ярів, зсувів, карстових воронок тощо.

До шкідливих дій вод можуть бути також віднесені аварійні, навмисні або непередбачені забруднення водних об'єктів, що призвели до замору риби або необхідності припинення водопостачання з цих водних об'єктів.

Державні та місцеві органи влади, господарчі об'єкти приймають відповідні заходи щодо попередження шкідливих дій вод, а у разі, що таке відбулося, негайно інформують населення і розпочинають ліквідацію наслідків стихійного лиха або аварії.

Розглянемо основні заходи щодо попередження та запобігання шкідливих дій вод.

Основним заходом щодо попередження руйнівних наслідків повеней є будівництво водосховищ. Менш кардинальним, але й менш витратним заходом є підвищення берегів у понижених місцях шляхом будівництва захисних дамб.

Аварії гідротехнічних споруд відбуваються внаслідок розмиву греблі (дамби) або порушення її контакту з підвалинами.

Руйнування та розмив греблі може статися при землетрусах, надмірних повенях, внаслідок фільтрації води крізь греблю, старіння матеріалів, похибок при проектуванні, а також при терактах або бомбардуванні.

Ймовірність аварій сучасних гребель оцінюється як 1:1000.

Основним заходом протидії аваріям вважається постійний контроль та оцінка стану гідротехнічних споруд і дотримання правил експлуатації гідровузлів.

Захист берегів та дамб від хвильового розмиву здійснюється за допомогою залізобетонних конструкцій, кам'яного накиду, фашин, деревинно-чагарникових насаджень.

Система горизонтального та вертикального дренажу є надійним захистом проти підтоплення та заболочування території.

Засолення земель можна уникнути, якщо не використовувати для зрошення надмірно мінералізованої води, а також системою сівозмін з включенням галофільних культур.

Людство здобуло урок з чисельних руйнувань та жертв, викликаних селями. На шляху сільових потоків збудовані міцні дамби, які перехоплюють сіль і залишають його в так званій «сільовій кишені».

По закінченню експлуатації родовищ корисних копалин слід організувати відведення шахтних і кар'єрних вод, а при необхідності із відповідним очищенням.

Комплекс протиерозійних заходів, який включає створення полезахисних смуг, оранка ґрунтів поперек ухилу, закріплення витоків ярів, сприяє протидії ґрунтової ерозії та розвинення яруг.

На кожному підприємстві та об'єкті розроблено план заходів на випадок виникнення аварійної ситуації.

Контрольні питання до ЗМ 3.1.

1. Принципи та засоби регулювання річкового стоку.
2. Сезонне, річне та багаторічне регулювання річкового стоку.
3. Руслові і заплавні водосховища.
4. Переваги регулювання річкового стоку.
5. Негативні наслідки регулювання річкового стоку.
6. Компенсаційні заходи щодо подолання негативних наслідків при створенні водосховищ.
7. Захист узбережжя водосховищ від руйнування.
8. Попередження підтоплення прилеглої території при створенні водосховищ.
9. Засоби попередження повеней.
10. Підготовка ложа водосховища.
11. Комплексне використання водосховищ.
12. Дніпровський каскад водосховищ.
13. Дніпрогес і Дніпровське водосховище.
14. Каховське водосховище.
15. Кременчуцьке водосховище.
16. Дніпродзержинське водосховище.
17. Київське водосховище і Київська ГАЕС.
18. Міжбасейновий перерозподіл річкового стоку.
19. Басейновий принцип управління водними ресурсами.
20. Кримський канал.
21. Канал Дніпро – Донбас.
22. Канал Сіверський Донець – Донбас.
23. Канал Дніпро – Кривий Ріг.
24. Канал Дніпро – Інгулець.
25. Шкідлива дія вод.
26. Попередження і подолання шкідливої дії вод.

ЗМ 3.2. Раціональне використання вод у господарській діяльності

1. Використання води у комунальному господарстві

Комунальне господарство є основним постачальником питної води для населення і промислових підприємств (див. ЗМ 1.1., тема 10).

Раціональне використання водних ресурсів у цій галузі полягає в уникненні зайвих витрат води в наслідок аварій на водогонах і витіків з водопровідних систем, що може бути забезпечено своєчасним поточним та капітальним ремонтом водопроводів.

Економному втрачання води сприяє встановлення водопровідних лічильників як у побуті, так і на виробництві.

Комунальна галузь також витрачає воду на полив зелених насаджень, вулиць та інших міських територій.

До комунального водопостачання відносяться витрати води на пожежогасіння.

2. Раціональне використання вод у промисловості

В індустріально розвинених країнах промисловість споживає в декілька разів більше води, ніж населення. В Україні для технологічних цілей споживається майже в 2,5 рази більше води, ніж для господарсько-побутових потреб.

2.1. Технічне водопостачання

Вода, що використовується в технологічних процесах виробництва, має назву *технічної* або *технологічної*.

У промисловості воду використовують:

- як сировину, що входить до складу готової продукції;
- для охолодження (тепло відведення) машин та механізмів, що нагріваються під час роботи;
- для охолодження полу продуктів та готової продукції;
- для розчину і промивання сировини, полу продуктів та готової продукції;
- для виробництва водяної пари;
- для миття обладнання, тари, приміщень тощо;
- для утворення і транспортування пульпи;
- для пожежогасіння.

Особливістю водоспоживання у промисловості є те, що переважна більшість технологічних процесів не пред'являє особливих вимог до якості води, таких, як, наприклад, питне водопостачання, що дає змогу для технологічних потреб багато разів використовувати ту ж саме воду, не скидаючи її до каналізаційної мережі або у водні об'єкти, тим паче, що вимоги до складу води, що скидається, зазвичай більш жорсткі, ніж до складу технологічної води.

Завдяки багаторазовому використанню води у промисловості значно (у 8-10 разів) зменшуються обсяги води, що вилучається з водних об'єктів. Відповідно знижується кількість стічних вод. Таке водокористування має назву *оборотне*.

Крім оборотних систем водоспоживання, які дають можливість багато разів використовувати воду на одному й тому ж підприємстві, існують ще так

звані системи *повторного* або *послідовного* водоспоживання, коли стічна вода одного підприємства стає технологічною на іншому.

Ефективність використання води на підприємствах оцінюється за такими показниками:

- *використання оборотної води ($P_{об}$) в %:*

$$P_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{дж} + Q_c} 100 \quad (3.2)$$

де,

$Q_{об}$ – витрата оборотної води, м³/рік;

$Q_{дж}$ – витрата води з джерел водопостачання, м³/рік;

Q_c – витрата води, що надходить з сировиною, м³/рік.

- *коефіцієнт водовикористання ($K_{вв}$):*

$$K_{вв} = \frac{Q_{дж} + Q_c - Q_{ск}}{Q_{дж} + Q_c} \leq 1 \quad (3.3)$$

де,

$Q_{ск}$ – витрата води, що скидається до каналізації або у водний об'єкт, м³/рік;

- *безповоротні втрати води ($P_{вт}$) у %:*

$$P_{вт} = \frac{Q_{дж} + Q_c - Q_{ск} - Q_{вип} - Q_{вит}}{Q_{дж} + Q_c + Q_{посл} + Q_{об}} 100, \quad (3.4)$$

де,

$Q_{посл}$ – витрата води, що використовується у виробництві послідовно, м³/рік;

$Q_{вип}$ – втрати води на випаровування та розприскування, м³/рік;

$Q_{вит}$ – втрати води за рахунок витіків в наслідок нещільності трубопроводів та обладнання, м³/рік.

При багаторазовому (оборотному) використанні в технологічній воді відбувається накопичування розчинних, завислих та емульсованих домішок або підвищення температури. Для підтримки сталого стану і властивостей технологічної води в системі оборотного водоспоживання розташовуються відповідні очисні споруди та охолоджувальне устаткування у вигляді градирень (рис. 3.1) або бризкальних басейнів (рис. 3.2). В процесі охолодження до 3% води випаровується або розприскується. Одночасно зростає мінералізація та жорсткість води, що призводить до відкладання солей (карбонатів кальцію та магнію) на стінках теплообмінної та водогінної апаратури.

На теплових електростанціях та інших підприємствах, які мають значні обсяги технологічної води, що потребує охолодження, споруджуються ставки-охолоджувачі, де гаряча вода поступає у верхів'я споруди, а забирається вже охолодженою біля греблі.

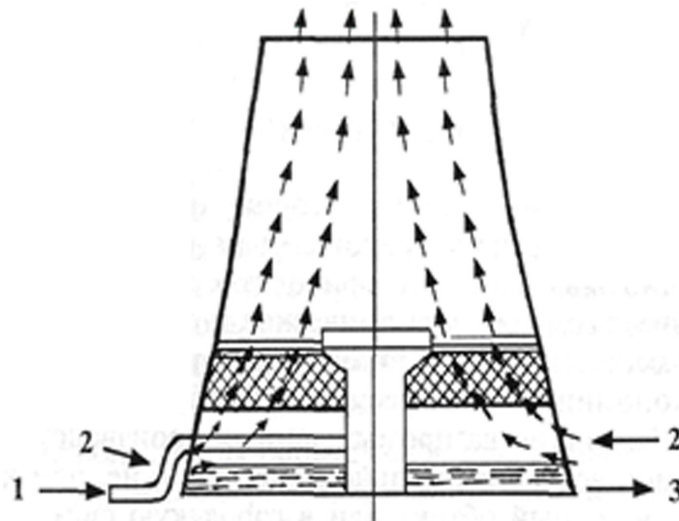


Рис. 3.1 – Градирня баитового типу
1 – підігріта вода, 2 – надходження повітря, 3 – охолоджена вода.

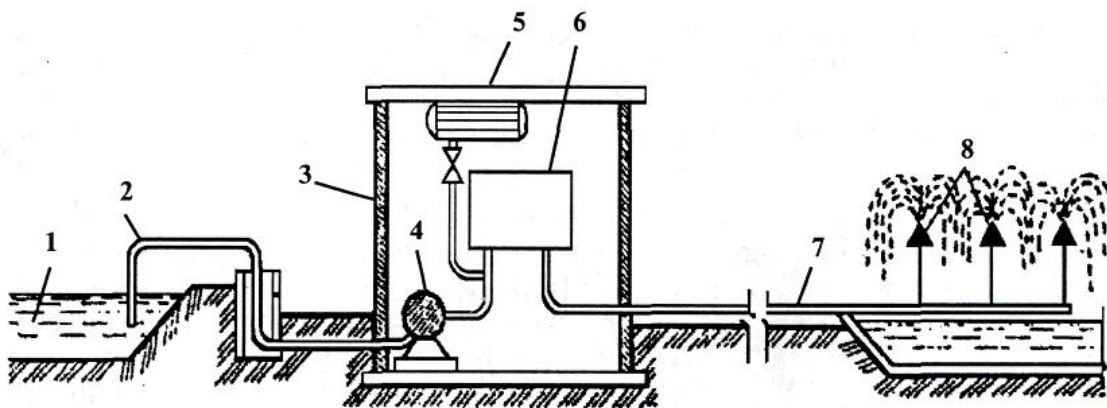


Рис. 3.2 – Бризкальний басейн
1 – басейн з охолодженою водою, 2 – водозабір, 3 – будівля насосної, 4 – насос, 5 – запасний бак, 6 – конденсатор, 7 – трубопровід теплої води, 8 – фонтани

Для нормалізування мінералізації та жорсткості технологічної води в оборотній системі частину її періодично замінюють свіжою водою. Цей процес має назву *продувний цикл*, обсяг якого складає 6-10% від загальної ємкості оборотної системи водоспоживання.

Крім того існує загроза замулювання та обростання перетину труб, в наслідок надмірного вмісту в воді завислих речовин та мікроорганізмів. Для уникнення цього негативного наслідку оборотну воду слід пропускати крізь фільтри.

Вимоги до складу оборотної води, що використовується для охолодження агрегатів:

- завислі речовини – до 30мг/л
- карбонатна жорсткість – до 7 мг екв/л
- гіпс (CaSO_4) – до 2000 мг/л
- сірководень (H_2S) – до 0,5 мг/л

Для повторного використання технологічної води, що мала контакт із сировиною або готовою продукцією, її піддають очищенню відповідно до вимог технологічного процесу.

Чимало технологічних процесів, наприклад, виробництво теплової енергії, ліків та інших особливо чистих речовин, електроніка та багато інших потребують воду значно вищої якості, ніж питна вода. На цих виробництвах здійснюється відповідна водопідготовка з застосуванням фізико-хімічних методів обробки води.

Існують підприємства, де скиду стічних вод немає. Системи водоспоживання, де вода використовується у виробництві без скиду стічних вод в каналізаційну мережу міста або у водний об'єкт мають назву *замкнуті* системи водоспоживання. В таких системах водоспоживання функціонує обладнання для обробки та очищення води, що вже використана на виробництві, з метою підтримки необхідної для даного технологічного процесу якості води. Свіжа вода з джерел водопостачання використовується лише для поповнення системи.

Функціонують також замкнуті системи водного господарства територіально-промислового комплексу або району, де для поповнення систем технічного водопостачання використовуються поверхневий стік і стічні води, що пройшли відповідну та очищення. Надлишок стічних вод використовується на рілних полях зрошення, для поливу лісових насаджень, а також для поповнення запасів підземних вод (рис. 3.3)

Замкнуті системи водопостачання мають як водоохоронні, так і економічні переваги завдяки зменшенню плати за забір води і відсутність плати за скид стічних вод.

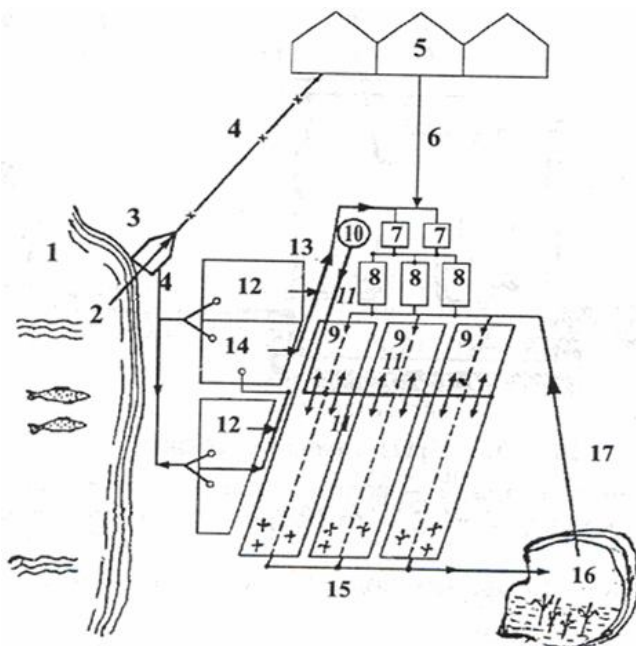


Рис. 3.3 – Замкнута система водного господарства

Для великих промислових міст, розташованих на малих річках, які через маловодність не забезпечують необхідні промисловим підприємствам обсяги води, перспективними є замкнуті територіальні системи водопостачання з використанням міських річок. Стічні води, що пройшли очищення на міських очисних спорудах, проходять додаткову глибоку очистку на спорудах доочищення (піщані фільтри, біоставки, біофільтри) і подаються у верхів'я

міських річок, збільшуючи їх водність. Забір води для технічного водопостачання підприємств здійснюється безпосередньо з річок.

Впровадження такої системи водопостачання передбачає попереднє очищення міських річок від донних відкладень, укріплення берегів облицюванням залізобетонними плитами або бутом.

2.2. Норми водоспоживання у промисловості

Практично щодня промислове виробництво не може уникнути використання води чи як сировини, чи для охолодження устаткування, для миття сировини або готової продукції і в багатьох інших технологічних процесах. Питома витрата води на отримання одиниці готової продукції на окремих підприємствах може суттєво відрізнятися залежно від технічного рівня того чи іншого виробництва. Узагальнені питомі витрати води, необхідної для виробництва певних видів продукції, містяться в „Укрупненных нормах водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности” – М.Стройиздат, 1982.

Окремі витяги з цього керівного документу наведені у табл.3.2.

Таблиця 3.2. Витрати води на виробництво окремих видів промислової продукції

Промислова продукція		Витрати води на виробництво одиниці продукції, м³
Найменування	Одиниця виміру	
Електрична і теплова енергія	кВт · рік	0,08-0,16
Чавун	т	180-220
Сталь	т	5-190
Мідь	т	90-100
Нікель	т	130-150
Цинк	т	0-110
Алюміній	т	180-190
Синтетичний каучук	т	100-1200
Капрон	т	500-600
Синтетичні волокна	т	500-2000
Бавовняні тканини	т	3000-5000
Папір	т	350-700

У табл. 3.2 наведені загальні витрати води будь-то вода з джерел водопостачання, оборотна або повторно використана.

Для підприємств встановлюються індивідуальні норми водоспоживання на одиницю продукції. На підприємствах здійснюються заходи щодо зниження питомих норм водоспоживання шляхом впровадження повітряного охолодження агрегатів, ліквідація витоків рідини, заміни водних процесів безводними тощо.

В технічному водопостачанні існує два нормативних рівня водоспоживання, а саме:

- *поточні* технологічні нормативи використання води - для існуючого рівня технологій;
- *перспективні* технологічні нормативи використання води – з урахуванням досягнень на рівні передових світових технологій.

Індивідуальні норми водовідведення а одиницю продукції, що встановлюються для кожного окремого підприємства, залежать від існуючої системи технічного водопостачання: прямої, оборотної або повторно-послідовної, і можуть відрізнятися в залежності від цього у декілька разів, а іноді на 1-2 порядки.

Зменшенню обсягів споживання води і відповідно скиду стічних вод сприяють економічні важелі щодо поступового, але систематичного збільшення платні за забір води та водовідведення з одночасним підвищенням вимог до ступеню очищення стічних вод, що скидаються.

2.3. Паспорт водного господарства підприємства

Для діючих підприємств підставою для видачі дозволів на скидання стічних вод від виробничих процесів у систему каналізації міст й інших населених пунктів є паспорт водного господарства.

Паспорт водного господарства розробляється за встановленою формою самим підприємством й узгоджується у водопровідно-каналізаційному управлінні, де уточнюються місця випусків у системи каналізації побутових стічних вод населених пунктів, норми скидань і сполука стічних вод, що скидаються в каналізацію до та після очисних споруд на випусках.

Паспорт водного господарства підприємства є основним документом обліку. В одному з розділів паспорта в спеціально розроблених таблицях приводяться кількісні показники водоспоживача: джерело водопостачання, об'єм використаної води для виробничих потреб, включаючи об'єм свіжої води на підживлення систем оборотного водопостачання, об'єм води, що витрачається на господарські, побутові й комунальні потреби, об'єм води, що втрачається в результаті фільтрації, випару, витоку, аварії.

Крім того, є таблиця, що містить характеристику джерел стічних вод підприємства, що скидаються безпосередньо у водоприймачі, та оцінку їхнього впливу. У таблиці, з оцінки ефективності очисних споруд, вказується найменування очисних споруд і метод очищення, пропускна здатність, перелік нормованих речовин і їхня середня концентрація на вході й виході з очисних споруд.

До таблиць додається *балансова схема водоспоживання та водовідведення* із зазначенням годинних витрат води на кожній ділянці.

Для кожного підприємства, організації або установи, що здійснюють водокористування, складається укрупнена балансова схема водопостачання й водовідведення із вказівкою та нумерацією місць виміру, забору (прийому), втрат і скидання води, а також пунктів передачі її іншим споживачам.

Укрупнена балансова схема повинна бути складена таким чином, щоб забезпечити повне уявлення про кількість і якість споживаних вод та вод, що скидаються.

У випадку зміни умов роботи каналізаційних систем населених пунктів або недотримання промисловим підприємством умов по витраті вод і масі забруднювачів, дозвіл на скидання виробничих стічних вод може бути анульовано.

Термін дії водного паспорта підприємства – п'ять років. Після закінчення цього строку відповідні органи продовжують термін дії паспорта, якщо встановлені в ньому нормативи по гранично припустимих концентраціях на даному підприємстві не перевищувалися.

3. Раціональне використання вод у сільському господарстві

Вода у сільській місцевості використовується для питних і комунально-побутових потреб населення, поїння худоби, для зрошення сільськогосподарських угідь, садіб тощо. В тваринницьких комплексах, де одночасно перебуває декілька тисяч свиней чи великої рогатої худоби, вода, крім поїння тварин, застосовується для видалення відходів тваринництва і додержання необхідного санітарно-гігієнічного стану приміщень.

Сільське населення України задовольняє потреби у питній воді головним чином завдяки місцевому водопостачанню з криниць, джерел або артезіанських свердловин. Поверхневі води, внаслідок забруднення, як джерела питного водопостачання майже не використовуються. Лише 3% сільських населених пунктів (2005 р.) має централізоване водопостачання, яке завдяки процесам водопідготовки забезпечує необхідну якість питної води.

В деякі населені пункти питна вода постійно доставляється автотранспортом. Це стосується населених пунктів, розташованих в південних районах, де підземні води надмірно мінералізовані, в районах, де тривалий час здійснюється видобуток корисних копалин (Донбас, Криворіжжя та інші), внаслідок чого доступні для використання підземні водоносні горизонти майже повністю виснажені, в районах радіоактивного ураження.

Якість води для поїння худоби повинна бути такою ж, як і для питного водопостачання.

3.1. Зрошування сільськогосподарських культур

Складові урожаю: ґрунти, насіння, агротехніка, добрива та вода. Якщо не вистачає чогось одного, то ніякий надлишок іншого не компенсує цієї нестачі.

Вода є одним з найважливіших чинників урожаю. В посушливих районах (з річною кількістю атмосферних опадів менше 300 мм) отримання сталих врожаїв без штучного зрошення взагалі неможливо. В більш зволжених районах впровадження зрошення забезпечує підвищення врожайності сільгоспкультур в 2-5 разів.

З 1,6 млрд. га сільськогосподарських угідь у світі 260 млн. га, тобто 16%, становлять зрошувальні масиви, які забезпечують приблизно половину виробництва сільгосппродукції.

Зрошувальні норми (м³/га за вегетаційний період) становлять: для зернових 1500-3500, цукрового буряку 2500-6000, багаторічних трав 2000-8000, бавовни 5000-8000, рису до 15000.

В цілому у світі на зрошення витрачається до $\frac{3}{4}$ води, що забирається з водних об'єктів. В Україні цей показник становить 30-35%, в США – 40%, в деяких країнах до 90%. В той же час в зрошувальному землеробстві при транспортуванні, за рахунок фільтрації та випаровування, марно витрачається від 30% до 50% води. Вода втрачається під час фільтрації з водосховищ, зрошувальних каналів, які не мають надійного облицьовування, а також при перебільшенні зрошувальних норм.

Втрати зрошувальної води в значній мірі залежать від засобу зрошення, що застосовується. Основні засоби зрошення: полив напуском, полив по борознам, дощування, підґрунтове зрошення, крапельне зрошування.

Полів напуском здійснюється на ретельно спланованих ланах з незначним ухилом. З розподільника зрошувальної води, що розташований по верхньому краю схилу, вода суцільним шаром поступово спливає за ухилом місцевості. Застосовується для зрошення пасовищ, сінокосів, зернових культур. Мають місце водна ерозія та вилуговування з ґрунтів поживних речовин.

Полів по борознам, прокладених між рядками рослин, що вирощуються, здійснюється для зрошення виноградників, плодових насаджень, капусти, кукурудзи, цукрового буряку, інших пропасних культур.

Дощування здійснюється за допомогою стаціонарних або пересувних дощувальних установок, які забезпечують вихід струї від 5 до 80 м. За годину здійснюється штучний дощ до 25 мм. Дощування дозволяє точно регулювати подачу води відповідно зрошувальним нормам і практично не викликає водної ерозії, але мають місце значні витрати води на випаровування.

Підґрунтове зрошення забезпечує економне та цілеспрямоване використання зрошувальної води, але вимагає для свого впровадження певних умов, а саме: рівний рельєф, пористий, добре проникливий для води ґрунтовий шар, розташований на щільному непроникливому підґрунті. Такі умови характерні для лесових ґрунтів, розташованих на щільних глинистих шарах. Зрошувальна вода поволі проникає до коренів рослин, не викликаючи вишпаровування ґрунтів і майже не випаровується.

Крапельне зрошування є своєрідним технічним вдосконаленням підґрунтового зрошення. Вода від зрошувальних розподільників по тоненьким трубкам краплями надходить безпосередньо до коренів рослин. Не відбувається марної втрати води на фільтрацію та випаровування. Крапельне зрошення впроваджується в країнах з вкрай обмеженими водними ресурсами (Саудівська Аравія, Ізраїль). Крапельне зрошування дозволяє забезпечити майже стовідсоткове використання зрошувальної води (рис. 3.4).

Зрошення на великих масивах сприяє пом'якшення мікроклімату завдяки збільшенню атмосферних опадів на 10-20%, зниженню температури та підвищенню вологості приземного шару повітря.

Але зрошення неминуче пов'язано з посиленням процесів засолення ґрунтів і розширенням площ підтоплених та заболочених територій. Пом'якшенню наслідків цих процесів сприяють сівозміни з використанням галофітів (солонець, курай та деякі інші кормові трави), дотримання поливних норм, застосування підґрунтового та крапельного зрошення, дощування.

Згодом зростає мінералізація зворотних вод, що надходять зі зрошувальних масивів до річок та водосховищ, які саме і використовуються як джерела води для зрошення. Погіршення гідрохімічного складу природних вод згубно впливає на рибництво, ускладнює питне та технічне водопостачання. На заболочених ділянках розповсюджуються камари та інші комахи, що можуть викликати поширення інфекційних захворювань серед людей та тварин.

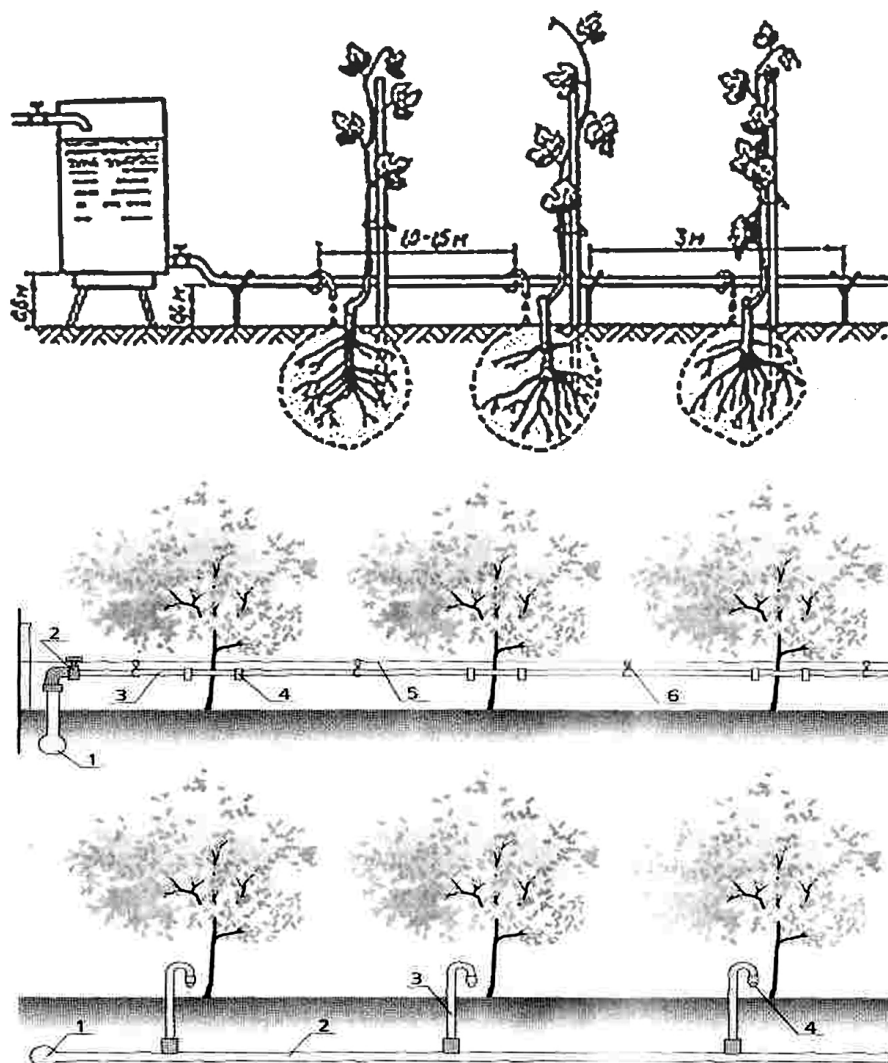


Рис. 3.4 – Схеми розміщення трубопроводів системи крапельного зрошення
 а – надземне: 1 – підземний розподіляючий трубопровід; 2 – шаровий кран; 3 – надземний трубопровід для поливу; 4 – крапельниця; 5 – шпалерна проволока; 6 – хомут підвіс очний;
 б – підземне: 1 – підземний розподіляючий трубопровід; 2 – підземний трубопровід для поливу; 3 – вивідна трубка; 4 – крапельниця.

Відомо, що зрошування сільськогосподарських культур людство почало застосовувати з давніх давен. Але також відомо про поступовий занепад та загибель прадавніх цивілізацій, вірогідно саме внаслідок поєднання та накопичення негативних чинників водних меліорацій, що призвело до зниження та цілковитої втрати врожайності зрошувальних земель.

В перезволожених районах з метою розширення засівних угідь влаштовуються осушувальні меліорації. Осушення заболочених та підтоплених територій здійснюється за допомогою дренажних систем.

Осушення забезпечує збільшення засівних площ, понижує рівень ґрунтових вод, зміцнює несучу здатність ґрунтового покриву, зменшує вологість та підвищує температуру приземного шару повітря, значно поліпшує санітарний стан місцевості.

В той же час осушення має ряд негативних наслідків. Осушення верхових болот погіршує гідрологічний режим верхоріччя, тому слід уникати руйнування

цих унікальних природних об'єктів. Міліють малі річки, зникають зарості журавлини, погіршуються умови гніздування водно-болотних птахів.

Скид дренажних вод до водних об'єктів підвищує мінералізацію природних вод. Слід, по можливості, улаштовувати замкнені чи частково замкнені дренажні цикли з використанням дренажних вод, що скидаються, для зрошення сільськогосподарських культур у вегетаційний період.

3.2. Використання води на тваринницьких комплексах

Відходи життєдіяльності однієї корови еквівалентні обсягу відходів від 4-5 людей, від однієї свині – від 3-4 людей.

При знаходженні в окремому господарстві худоби чисельністю у декілька голів особистих труднощів у видаленні та використанні відходів тваринництва і утримання належного санітарно-гігієнічного стану тваринницьких приміщень не виникає. Але у великих тваринницьких комплексах, що почали створювати в 60-х роках минулого століття, проблема поводження з відходами набула таких ускладнень, що становиться під сумнів подальша можливість такого засобу розвитку тваринництва. Скупчення на обмеженій ділянці значної кількості тваринницьких відходів, внаслідок засмердження повітря, загрози прориву накопиченої маси відходів до поверхневих водних об'єктів, забруднення підземних вод, інтенсивного розповсюдження мух, сліпней та інших комах, обернулося у надзвичайно екологічне лихо.

В тваринницьких комплексах видалення гною від місця його утворення здійснюється сухим способом, вручну, або гідрозмивом.

Сухе видалення потребує значних витрат ручної праці, але загальний обсяг відходів при цьому ц 3-4 рази менший, ніж при гідро-видаленні.

Сухі тваринницькі відходи вивозяться до місць компостування і через 6-8 місяців придатні для використання як органічні добрива.

При гідро-видаленні для змиву гною за допомогою водяного струменю витрачається до 3 м³ води на 1 м³ екскрементів. Утворені таким чином рідкі тваринницькі відходи по трубах або лотках потрапляють до відстійників, де відбувається розподіл їх на тверду та рідку фази. Рідка фаза у вигляді стічних вод потрапляє до очисних споруд. При сухому видаленні гною стічні води утворюються лише під час мокрого прибирання тваринницьких приміщень і об'єм їх удвічі менший.

Обсяги стічних вод, що утворюються в тваринницьких комплексах, залежать від способу утримання худоби, поголів'я, виду та віку тварин, тривалості стійлового періоду, способу видалення гною, вида кормів, інших чинників (табл. 3.3.).

Кількість тваринницьких відходів, що наведена в табл. 3.3., утворюється при годуванні худоби комбікормами на основі кукурудзи.

Таблиця 3.3 – Витрати стічних вод в тваринницьких комплексах

Вид та кількість тварин у комплексі	Кількість тварин одночасного утримання, шт.	Вихід екскрементів тварин, тис. м³/рік	Витрати стічних вод з комплексу, тис. м³/рік	
			сухе видалення гною	гідрозмив гною
Виробництво свинини				
12 тис. свиней	12000	36,0	52,4	101,0
24 тис. свиней	24000	70,5	96,8	195,5
54 тис. свиней	37000	114,0	181,0	332,5
Виробництво яловичини				
600 корів	600	12,0	14,2	20,8
10 тис. корів	9883	94,8	113,0	-
Виробництво молока				
800 корів	800	16,0	18,9	30,6
1200 корів	1200	24,0	28,5	46,0

При відгодівлі худоби соєю, що набуло поширення в США, Італії, Греції, в багатьох інших країнах, вихід екскрементів удвічі менший. Справа в тому, що кукурудза містить 10% білків і 4-5% жирів, тобто тих складових, які майже повністю засвоюються тваринами, решта (85%), надходить у вигляді відходів. Соя містить 34% білків та 18-19% жирів, тобто споживчі речовини складають 53%, а до екскрементів потрапляє лише 47% соєвих кормів.

Екскременти свиней містять значно більше вологи, ніж у крупної рогатої худоби. На свинарських комплексах застосовують як гідрозмив, так і сухе видалення відходів, але при сухому видаленні необхідно витратити значну кількість води для підтримки належного санітарно-гігієнічного стану приміщень. У великих тваринницьких комплексах крупної рогатої худоби, де утримується 10 тис. і більше голів, від застосування мокрого видалення відходів відмовились через неможливість упоратися зі значним обсягом рідких відходів.

Склад стічних вод тваринницьких комплексів характеризується значною концентрацією завислих речовин, органічних домішок, сполук азоту та фосфору, смердючим запахом, темно-бурим кольором. Наявність в цих водах органічних речовин та біогенних елементів робить їх привабливими для використання для зрошення кормових культур. Але робити це негайно після утворення стічних вод неможливо, бо існує реальна загроза отруєння рослин. Особливо небезпечні в цьому плані відходи свинарських комплексів.

Існують такі засоби обробки, очищення та використання стічних вод тваринницьких комплексів:

- розподіл у відстійниках на рідку та тверду фази, компостування твердої фази з наступним використанням як органічного добрива, очистка рідкої фази в аеротенках з застосуванням механічних аераторів (фільтросні плитки тут не працюють, бо дуже швидко замулюються завислими речовинами), доочищення у каскаді біологічних прудів з одночасним розбавленням природною водою;
- те ж саме, але без очистки в аеротенках, тобто: механічна очистка і доочистка в природних умовах з розведенням стоків чистою водою;
- зброджування тваринницького стоку в біореакторі типу метантенка при температурі 170-200°C протягом 30-60 хвилин з отриманням дегельмінтизованих рідкої та твердої фаз і біогазу; тверда фаза направляється на компостування, рідка – до каскаду біологічних ставків, біогаз спалюється у котельній, що виробляє пару для біореактора.

Для прискорення процесу розподілу фаз у відстійниках застосовують коагулянти, такі як: негашене вапно, суперфосфат, гіпс.

На деяких комплексах для більш інтенсивного зневоднення осадів після відстійника застосовують центрифуги, віброгрохоти, гвинтові фільтри, віброфільтри та ін.

Стічні води тваринницьких комплексів містять багато споживчих для сільськогосподарських рослин речовин, тому скидати їх у водні об'єкти недоцільно. Тому ж, щоб забезпечити очистку таких дуже забруднених стічних вод до нормативів ГДС, треба налагодити багатостадійну і дуже кошовну очистку. Більш доцільно, після відповідної підготовки, спрямувати ці стоки на рілньничі поля зрошення для вирощування кормових культур та забезпечення кормами ті ж самі тваринницькі комплекси.

Перед використанням для зрошення кормових культур стічні води тваринницьких комплексів проходять механічну та біологічну очистку і дегельмінтизацію, розбавляються чистою (річковою або атмосферною) водою у співвідношенні 1:10 – 1:15 для стоків від комплексів великої рогатої худоби і у співвідношенні 1:50 для стоків свинарських комплексів. В усякому разі навіть після очищення, дегельмінтизації та розбавлення використання стоків тваринницьких комплексів для зрошення сільськогосподарських культур, що можуть бути безпосередньо використані для харчування людини, не дозволяється у зв'язку з ймовірною наявністю в них гельмінтів та інших збудників захворювань.

Використання стічних вод тваринницьких комплексів на рілньничих полях зрошування забезпечує підвищення врожаю кукурудзи та інших кормових культур у 2-2,5 рази і надійно захищає водні об'єкти від забруднення тваринницькими стоками.

Контрольні питання до ЗМ 3.2.

1. Використання вод у комунальному господарстві.
2. Нормативи питного водоспоживання.
3. Технічне водопостачання.
4. Нормативи водовикористання у промисловості.
5. Оборотноє водопостачання.
6. Коефіцієнт водообороту.
7. Незворотні втрати технічної води.
8. Продувочний цикл.
9. Системи охолодження оборотної води.
10. Градирні, бризкальні басейни, ставки-охолоджувачі.
11. Повторне і послідовне водопостачання.
12. Замкнуті системи водопостачання.
13. Замкнута система водопостачання великого промислового міста.
14. Використання поверхневого стоку для технічного водопостачання.
15. Використання води у сільському господарстві.
16. Види зрошування сільськогосподарських культур.
17. Зрошувальні норми.
18. Негативні наслідки зрошування ґрунтів.
19. Економія води при зрошуванні.
20. Крапельне зрошування сільськогосподарських культур.
21. Використання води на тваринницьких комплексах.
22. Використання рідких відходів тваринницьких комплексів.

МОДУЛЬ 4. ОХОРОНА ВОДНИХ РЕСУРСІВ

ЗМ 4.1. Очистка стічних вод у комунальному господарстві та промисловості

Основним технічним заходом захисту водних об'єктів від забруднення є очищення стічних та інших зворотних вод від шкідливих домішок, які потрапили у воду в процесі її утворення.

Домішки представлені в стічних водах у вигляді:

- крупних включень, що знаходяться у водному потоці;
- завислих часток розміром від 0,1 мкм та більше, які утворюють суспензії (завислі речовини);
- нерозчинних у воді крапельок іншої рідини, які утворюють емульсії;
- колоїдних систем з частками розміром від 1 мкм до 1 нм;
- розчинених в воді речовин в молекулярній або іонній формі;
- мікроорганізмів, іноді хвороботворних.

Очищення стічних вод полягає в усуненні домішок, наявність яких перешкоджає подальшому їх використанню або скиду у водні об'єкти.

Домішки, що містяться в стічних водах, часто є цінною сировиною, яка після вилучення утилізується.

Методи очищення стічних вод розподіляються на механічні, біологічні та фізико-хімічні.

Вибір методу і визначення ступінню очистки залежить від забрудненості води певними шкідливими домішками, подальшого використання очищеної води, наприклад, для технічного водопостачання, зрошування сільськогосподарських угідь, миття вулиць, поповнення запасів підземних вод, або скиду у певний водний об'єкт.

Склад води, який треба досягнути при очищенні, визначається напрямком її подальшого використання, а при скиді до водного об'єкту – нормативами ГДС.

Якість очищення зворотних вод оцінюється його ефективністю:

$$\Xi = \frac{(C_H - C_0)}{C_H} \cdot 100\% \quad (4.1.)$$

де Ξ – ефективність очистки води, %;

C_H – концентрація певної домішки у воді до очистки, мг/л;

C_0 – концентрація тієї ж домішки після очистки, мг/л.

Сучасні методи очищення дозволяють майже повністю усунути присутність у воді шкідливих домішок і надати очищеній воді склад та властивості, притаманні природним водам.

Вилучення з води, що очищається, деяких видів домішок, таких як мінеральні солі, високомолекулярні органічні сполуки, іони металів, обходиться порівняно дорого. При цьому, чим вище ступінь очищення стічних вод (процент вилучення домішок), тим дорожче стає очистка. Узагальнено це положення представлено на рис. 2.4.

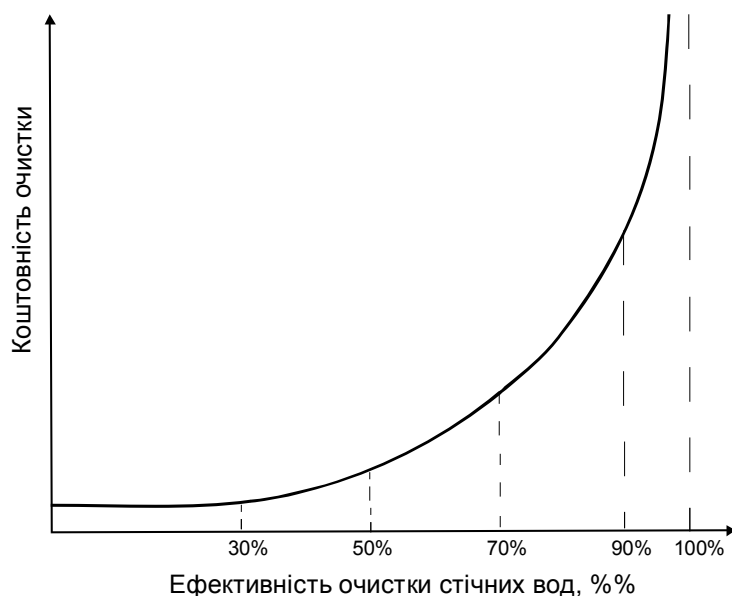


Рис. 4.1 – Орієнтовна вартість очистки стічних вод в залежності від досягнутої ефективності

3

Механічні методи очистки вод забезпечують вилучення крупних включень на 100%, завислих речовин на 50-60%, плаваючих та емульгованих домішок на 60-70%.

Біологічні методи очистки вод забезпечують деструкцію (біохімічне окислення) розчинених органічних сполук природного походження на 80-90%, сполук азоту та фосфору на 60-70%, завдяки життєдіяльності угруповань мікроорганізмів.

Фізико-хімічні методи призначені головним чином для очищення виробничих стічних вод з метою вилучення або деструкції штучно синтезованих високомолекулярних органічних сполук, які не підлягають біохімічному окисленню, іонів металів, мінеральних солей, кислот та лугів, глибокого очищення вод від завислих речовин. Фізико-хімічна очистка призначена для зберігання цілості і утримання каналізаційних мереж та споруд біологічної очистки в експлуатаційному стані.

Споруди механічної очистки завжди передують спорудам біологічної очистки, а при необхідності – спорудам фізико-хімічної очистки.

Фізико-хімічна очистка виробничих стічних вод організується на підприємствах, де ці води утворюються.

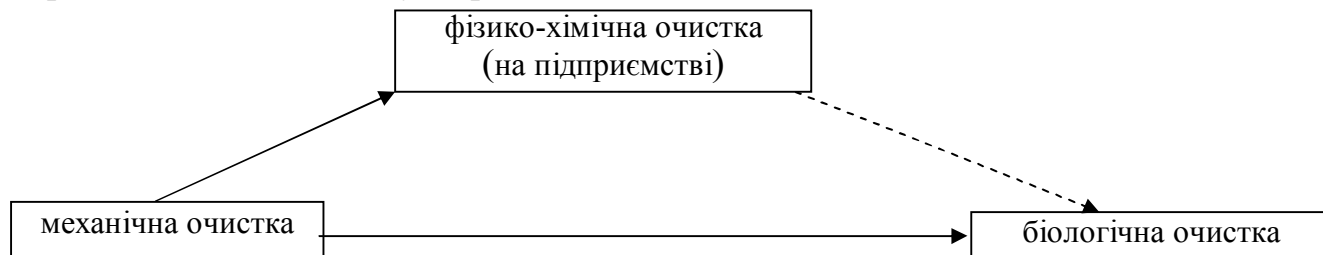


Рис. 4.2 – Загальна схема організації очистки вод

Очистка стічних вод на виробництві організується, як правило, з метою використання очищених вод для потреб технічного водопостачання.

1. Механічна очистка

На спорудах механічної очистки з води вилучаються завислі та плаваючі домішки. Крупні включення усуваються шляхом проціджування потоку рідини крізь ґрати або сита (рис. 4.3). Усунення вилучених з води домішок з поверхні ґрат здійснюється гребками або граблями, закріпленими на транспортерному ланцюгові. Зняті з ґрат включення складаються у бункері і подаються потім на звалища твердих відходів або на утилізацію.

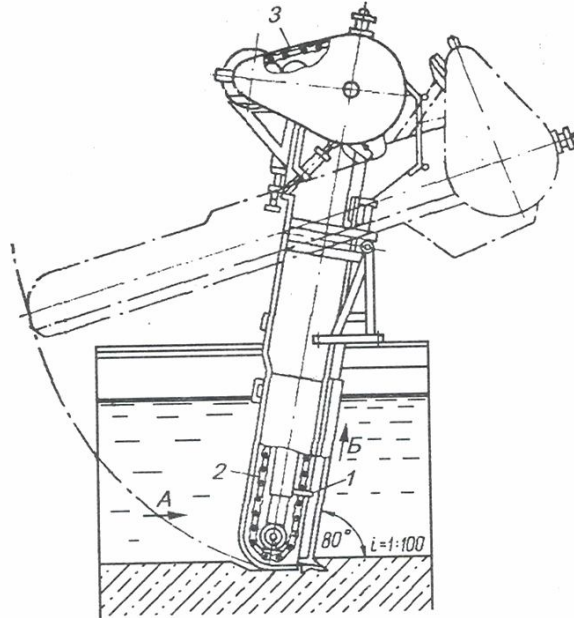


Рис. 4.3 – Пристрої для очистки стічних вод від крупних включень

1 – граблина; 2 – тяговий ланцюг; 3 – електропривід;

A – напрям руху рідини; Б – напрям руху ланцюга з граблиною.

Видалення часток піску з води, що очищається, здійснюється у пісколовках, які влаштовуються в очисних спорудах продуктивністю понад $100 \text{ м}^3/\text{добу}$. Пісколовки мають глибину 0,5-3,5 м, співвідношення ширини до глибини 1-1,5, швидкість проходження води, що очищається, становить 0,15-0,3 м/с. З метою підтримання постійної швидкості води на виході з пісколовок влаштовується водозлив з широким порогом, який також перешкоджає виносу часток піску, що осіли на дно, потоком рідини.

Частку піску у стічних водах, які містять нафтопродукти та інші емульсії, покриваються плівкою, що ускладнює їх вилучення з води. У такому разі слід застосовувати пісколовки, що аеруються (рис. 4.4). Аерація забезпечує руйнування емульсійних плівок і більш ефективне видалення зі стічних вод піску.

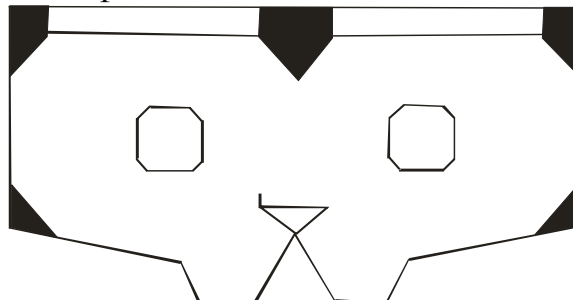


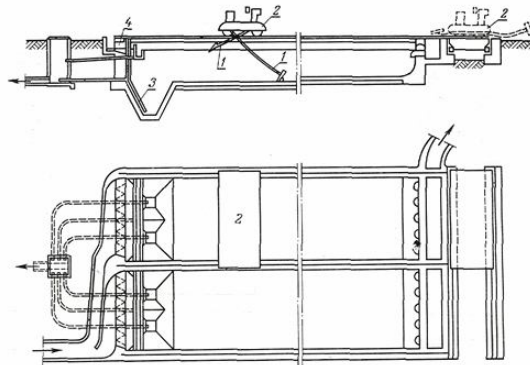
Рис. 4.4 – Схема пісколовки, що аерується

Видалення піску з пісколовок здійснюється вручну при невеличких об'ємах до $0,1 \text{ м}^3/\text{добу}$ або за допомогою механічних пристроїв – пісковими насосами, гідроелеваторами тощо. Пісок, що видаляється, складається на піскових майданчиках.

Далі вода, що очищається, потрапляє у первинні відстійники, де знаходиться, повільно протікаючи крізь них, від 30 хвилин до 2 годин. У первинних відстійниках відбувається осадження частини завислих речовин (40-60%) і спливання емульсованих речовин (нафтопродуктів, жирів, мастил тощо) приблизно на 60-80%. Первинних відстійників повинно бути не менше двох.

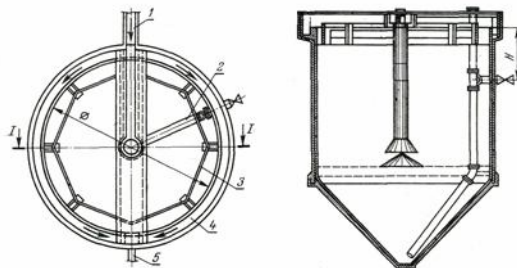
Існує багато різноманітних конструкцій відстійників, але в основному вони поділяються на горизонтальні, вертикальні та радіальні (рис. 4.5).

Горизонтальні відстійники являють собою резервуари глибиною від 1,5 до 4 м та шириною 3-6 м. Довжина кратна глибині і перевищує її в 8-12 разів. Рідина, що очищається, рухається вдовж відстійника з швидкістю не більше $0,01 \text{ м/с}$. Час проходження рідини через горизонтальний відстійник становить від 1 до 3 годин. Переміщення завислих речовин в потоці рідини відбувається за траєкторією, яка формується під впливом сили тяжіння та сили інерції, яка залежить від швидкості потоку. В горизонтальному відстійнику встигають осісти більш важкі частки, траєкторії яких перетинають дно відстійника в межах його довжини, решта, більш легкі частинки, захоплюються потоком рідини. Ефективність освітлення стічної води в таких відстійниках за звичайних умов не перевищує 60%. Зі збільшенням довжини відстійника та зменшенням швидкості потоку рідини ефективність освітлення зростає.



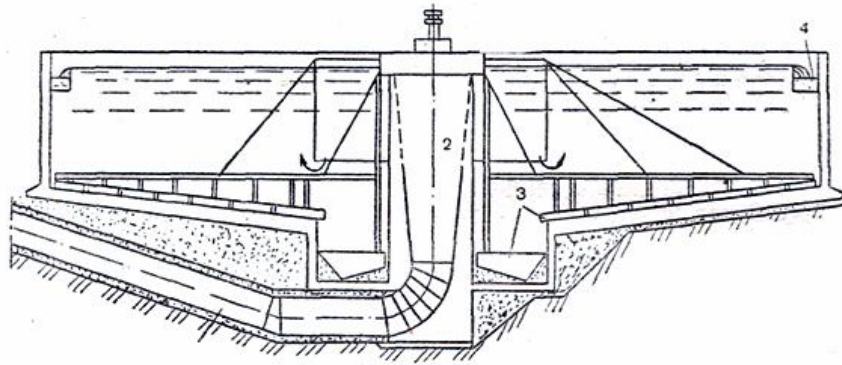
А. Горизонтальний відстійник

1 – скребки, 2 – візок, 3 – труба для видалення осаду, 4 – впуск води.



Б. Вертикальний відстійник

1 – підвідний лоток, 2 – мулова труба, 3 – напівзанурені дошки, 4 – збірний лоток, 5 – відвідний трубопровід.



В. Радіальний відстійник

*1 – підвідна труба, 2 – центральний розподільчий устрій,
3 – скребки для видалення мулу, 4 – жолоб для збору освітленої води.*

Рис. 4.5 – Відстійники

У вертикальному відстійнику розподіл твердої та рідкої фаз відбувається завдяки зменшенню швидкості потоку та зміні його напрямку на 180° . Осідання завислих речовин відбувається в основному у висхідному потоці. При цьому сила винесення часток висхідним потоком повинна бути меншою за силу тяжіння. Вертикальні відстійники значно компактніші, ніж горизонтальні, тієї ж продуктивності, проте ефективність їх на 10-20% нижча.

В конструкції *радіального* відстійника реалізовано принцип дії вертикального та горизонтального відстійника. В центральній його частині відбувається зміна напрямку потоку рідини, що очищається, а від центру до периферії він працює у режимі горизонтального відстійника. Це дозволяє влаштовувати досить компактні споруди значної продуктивності. Ефективність освітлення в радіальних відстійниках становить 60%. Глибина коливається від 1,5 до 5 м, діаметр – від 15 до 60 м

В відстійниках будь-якої конструкції видалення освітленої води здійснюється у шарі, що знаходиться приблизно на $1/3$ глибині від поверхні. Осад завислих речовин усувається крізь нижній зливний отвір або за допомогою мулососу.

Для усунення домішок, які спливають, бажано використовувати горизонтальні відстійники невеликої глибини (1,2-1,5 м), шириною 2-3 м, які складаються з двох або більше секцій. В залежності від виду домішок, які усуваються (нафтопродукти, жири тощо), такі відстійники мають назву нафтоуловлювачами, жиро-уловлювачами тощо (рис. 4.6). Швидкість руху рідини, що очищається, в межах 0,005-0,01 м/с. Шар домішок, які спливають, усувається з поверхні води за допомогою скребкового механізму в лотки, звідки зібрані домішки подаються на утилізацію. Ефективність усунення нафтопродуктів у двохсекційному нафтоуловлювачі може досягати 96-98%. Отвір для відведення освітленої рідини розташовується в нижній третині нафтоуловлювача.

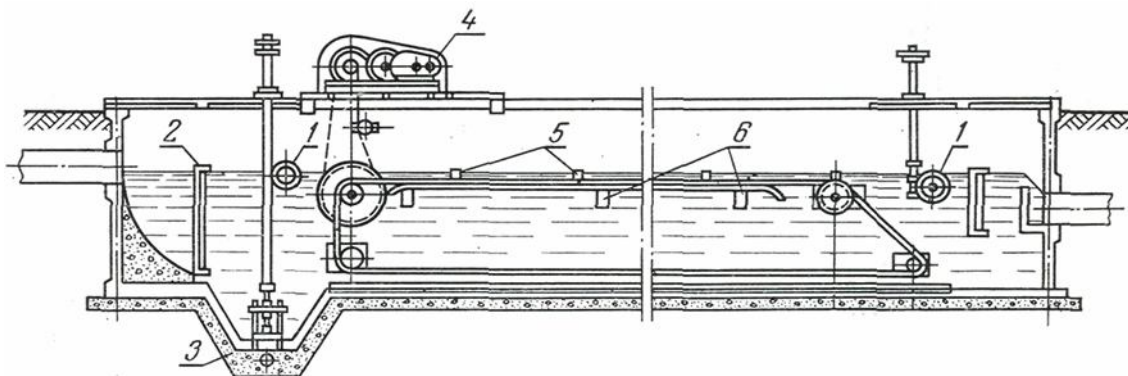


Рис. 4.6 – Нафто(жиро)уловлювач

1 – нафтозбірна труба, 2 – щільнна розподільча перетинка, 3 – донний клапан, 4 – механізм руху скребків, 5 – скребки, 6 – кронштейни.

Експлуатуються також очисні споруди, в яких поряд з механічною очисткою води в певній мірі відбуваються процеси біологічної очистки. До таких очисних споруд відносяться септики та освітлювачі-перегнювачі.

Септик – споруда для очистки стічної води відстоюванням з анаеробним зброджуванням осадів (рис. 4.7). Септики відносяться до найдавніших очисних споруд. Септики використовують для невеликих витрат води від 1 до 100 м³/добу. Вони являють собою яму, облицьовану бетоном з бітумним покриттям, круглої або прямокутної форми. Залежно від витрати стічних вод септики робляться однокамерними (при витратах до 1 м³/добу), двокамерними (при витратах до 10 м³/добу) і трьохкамерними (при витратах понад 10 м³/добу). Очищення септиків від мулу здійснюється до декількох разів на рік.

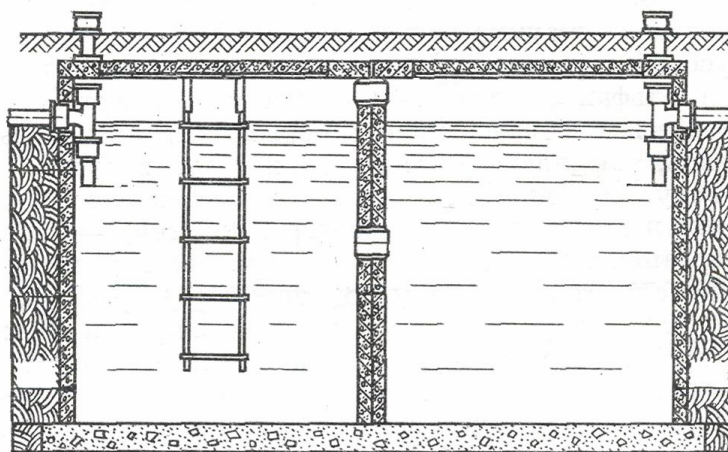


Рис. 4.7 – Септик

Освітлювачі-перегнювачі являють собою вертикальний відстійник з двох кілець, розташованих концентрично. У просторі між кільцями відбувається освітлення води, яка потім знизу надходить до внутрішнього кільця, де відбувається перегнивання по типу септика.

Для таких видів зворотних вод, як поверхневий стік, дренажні, кар'єрні та шахтні води, механічна очистка зазвичай задовольняє умовам їх скиду до водних об'єктів. Інші види очистки для цих категорій зворотних вод майже не застосовуються.

2. Біологічна очистка

Біологічній очистці підлягають господарсько-побутові стічні води та міські стічні води, виробнича складова яких пройшла попередню фізико-хімічну очистку і підготовлена до подачі на біологічні очисні споруди.

Біологічна очистка стічних вод базується на здатності певних мікроорганізмів використовувати для живлення органічні сполуки природного походження, а також деякі мінеральні сполуки, що містять біогенні елементи, такі, як фосфор, азот, калій та інші.

Стічні води, що подаються на біологічну очистку, повинні мати достатню кількість органічних речовин природного походження для забезпечення живлення угруповань мікроорганізмів, що визначається показником БСК_{повн} у межах 100-400 мг/л. При менших значеннях БСК_{повн} угруповання мікроорганізмів будуть вимирати і їх кількість треба поповнювати. При більших значеннях БСК_{повн} здійснюється двох чи трьохступенева біологічна очистка.

Температура води в спорудах біологічної очистки має бути у межах від +5°C до +40°C.

Стічна вода, що подається на біологічну очистку, повинна мати рН у межах 6,5-8,5, концентрація завислих речовин не повинна перевищувати 150 мг/л, повинні бути відсутніми плаваючі домішки у вигляді плівок нафти, мастил, олій, смоли, неприпустима наявність у воді ксенобіотиків (грецькою – речовини, суперечні життю), які пригнічують та отруюють мікроорганізми в спорудах біологічної очистки. До таких речовин відносяться штучно синтезовані органічні сполуки, хлорорганічні сполуки, пестициди та інші отрутохімікати, нітросполуки, барвники, розчинники та інші подібні речовини.

В той же час для деструкції майже кожного виду хімічних сполук формуються певні угруповання мікроорганізмів.

Мікроорганізми, що забезпечують біологічну очистку, за способом отримання енергії життєдіяльності поділяються на аеробні та анаеробні.

Аеробні мікроорганізми отримують енергію життєдіяльності за рахунок дихання киснем. Аеробні мікроорганізми забезпечують розщеплення органічних сполук до простих оксидів.

Анаеробні мікроорганізми існують в середовищі, де вільний кисень відсутній, отримуючи енергію для життєдіяльності за рахунок розщеплення неорганічних (нітрати, сульфати) та органічних (вуглеводи) сполук. В анаеробних умовах відбуваються процеси денітрифікації – нітрифікації – денітрифікації за схемою:



В анаеробних умовах також відбуваються процеси сульфуризації металів за схемою:



Вилученню з води металів сприяє також адсорбція іонів металів лускатою поверхнею тіл мікроорганізмів, що складає від 15 до 60% від загального вмісту розчинених солей металів.

В спорудах біологічної очистки майже завжди одночасно в різних частинах відбуваються як аеробні, так і анаеробні процеси. В аеробних умовах процеси деструкції органічних сполук йдуть більш інтенсивно. В залежності від способу подачі повітря для дихання аеробних мікроорганізмів споруди біологічної очистки поділяються на два види: з природною та примусовою аерацією.

Угруповання мікроорганізмів в очисних спорудах формуються у вигляді *біоплівки* (споруди з природною аерацією) або як *активний мул* (споруди з примусовою аерацією).

До споруд біологічної очистки з *природною* аерацією відносяться:

- поля асенізації;
- поля фільтрації;
- поля зрошення;
- піщано-гравійні фільтри і фільтруючі траншеї;
- фільтруючі колодязі;
- біофільтри.

В спорудах біологічної очистки з природною аерацією угруповання мікроорганізмів, що забезпечують очистку стічних вод, формуються у вигляді *біоплівки*.

У стародавніх будинках відходи життєдіяльності та інші нечистоти вручну або мережею внутрішньої каналізації за допомогою води видалялися до вигребних ям, які розташовувалися неподалік від людських помешкань. Звідкіля побутові відходи вивозилися на поля асенізації, які можна вважати найдавнішими очисними спорудами. Вони розміщувалися на ділянках, віддалених від місць проживання населення за межею населеного пункту.

У другій половині XIX сторіччя у деяких містах почали створювати зовнішні каналізаційні мережі. Обсяги рідких відходів, що почали надходити мережею зовнішньої каналізації, завдяки використанню великої кількості води були значно більшими порівняно з тими, що вивозилися з вигребних ям. Тому на зміну полям асенізації (для прийому стічних вод, що відводилися зовнішньою каналізаційною мережею) прийшли *поля фільтрації*, які можна вважати першими спорудами біологічної очистки стічних вод. Поля фільтрації влаштовують на ділянках з проникливими ґрунтами (піски, супіски, легкі суглинки). Ділянки мають бути ретельно спланованими з ухилом до 0,02. Поля фільтрації розплановують на окремі карти площею від 0,5 до 2 га, які відокремлені одне від одного земляними валами заввишки 0,8-1,0 м. Співвідношення ширини карт до довжини від 1:2 до 1:4.

Перед подачею на поля фільтрації стічні води потрапляють у відстійники-септики, звідкіля подаються на карти, заповнюючи їх шарами 20-30 см. Узимку шар стічних вод заморожується заввишки до 70-80 см.

Поля фільтрації повинні мати санітарно-захисну зону завширшки від 200 до 500 м в залежності від добового обсягу скидання стічних вод.

Стічні води, що очищаються, перебувають на картах декілька місяців, частково випаровуючись, частково фільтруючись. За цей період відбувається їх повне очищення за допомогою угруповання мікроорганізмів, що

розповсюджується на кожній карті. Поля фільтрації працюють, як правило, без скиду стічних вод у поверхневі водні об'єкти.

Окремі карти, заповнені муловими осадами, очищають, використовуючи підсохлий мул як органічне добриво.

Поля зрошення (поля підземної фільтрації) є своєрідною різновидністю полів фільтрації, де стічні води, що очищаються, використовують для зрошення сільськогосподарських культур. Поля підземної фільтрації влаштовуються на піщаних та супіщаних ґрунтах. Стічну воду після перебування у септиках подають у зрошувальні перфоровані труби, що укладаються на шар фільтруючого матеріалу (гравій, щебінь, шлак тощо). Для потрапляння повітря до зрошувальних труб на їх обох кінцях встановлюють стояки діаметром 100 мм, що підіймаються над рівнем землі на 0,5 м.

На полях зрошення рекомендується вирощувати кормові культури.

Піщано-гравійні фільтри і *фільтруючі траншеї* призначені для очистки невеликих обсягів стічних вод (до 15 м³/добу). Їх споруджують у щільних непроникливих ґрунтах у вигляді траншей довжиною до 30 м, завширшки не менш 0,5 м (рис. 4.8). Порожнина траншей засипається фільтруючими матеріалами: щебенем, гравієм, шлаком або іншими насипними матеріалами крупністю 20-70 мм (перший шар), та крупно- або середньозернистим піском (другий шар). У другому шару прокладається дренажна перфорована труба, до якої надходить очищена стічна вода. Після подачі стічних вод поверхня частинок фільтруючого матеріалу обростає біоплівкою.

Очищення стічної води забезпечується під час фільтрації крізь шари фільтруючого матеріалу та контакту з біоплівкою.

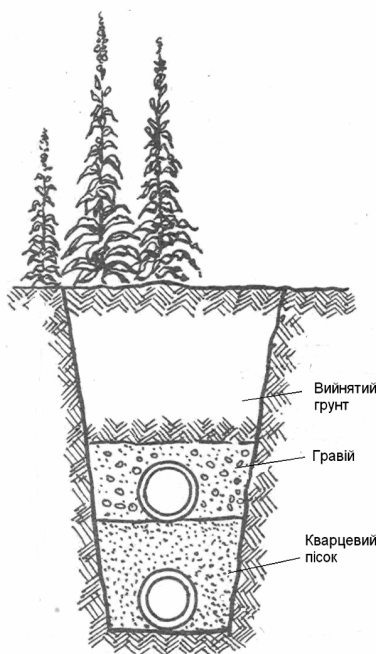


Рис. 4.8 – Фільтруюча траншея

Фільтруючі колодязі використовують для очищення малих надходжень стічних вод (до 1 м³/добу). Ці споруди влаштовують у добре проникливих ґрунтах (пісках і супісках) при глибокому рівні залягання ґрунтових вод (понад 3,5 м). Колодязь виконується з залізобетонних кілець, пластикових труб, цегли підсиленої міцності, бутового каміння. Глибина колодязя до 2,5 м, площа до 4 м². Фільтруюче завантаження з щебеню, гравію, шлаку або інших насипних матеріалів відсипається на глибину до 1 м. З зовнішньої сторони колодязної труби робиться засипка з тих же матеріалів. Вода, що очищається, виходить крізь отвори в стінках колодязя. Очищення стічної води відбувається за допомогою фільтрації та контакту з біоплівкою, яка утворюється через 2-3 дні після подачі стічних вод (рис. 4.9).

Перед фільтруючим колодязем встановлюється септик.

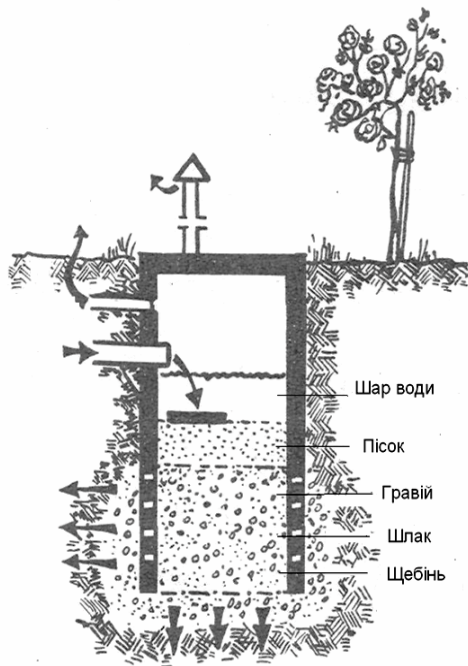


Рис. 4.9 – Фільтруючий колодязь

Біофільтри є найпоширенішим устаткуванням біологічної очистки з природною аерацією (рис. 4.10). Біофільтр являє собою циліндричний або прямокутний резервуар з залізобетону, пластмаси, металу або цегли, заповнений щебенем, пластмасовою крихтою або іншим насипним матеріалом фракцією 20-70 мм. Резервуар поділений на окремі секції від двох до восьми. Висота резервуару від 1,5 до 4 м, ширина секції від 0,5 до 1,5 м. Біофільтр має подвійне дно: нижнє – суцільне, верхнє, яке утримує насипне завантаження, ґратчасте. Відстань між ними – не менш 0,6 м. Нижнє суцільне дно має ухил не менш 0,01 для стоку води, що пройшла крізь фільтруюче завантаження.

В межах міждонного простору в стінках біофільтру робляться вікна для здійснення природної аерації фільтруючого завантаження. Подача стічної води для очищення здійснюється під невеличким напором (0,5-1,5 м) крізь розбризкувачі, що розташовані понад поверхнею біофільтру не менш, ніж на 0,2 м. Таким чином здійснюється додаткова аерація води, що очищується.

Очистка стічної води у біофільтрі відбувається при проходженні її крізь фільтруюче завантаження, що обростає біоплівкою через 2-3 тижні після початку експлуатації. Стічна вода під час очистки перебуває у біофільтрі від однієї до декількох діб. На виході з біофільтрів очищена вода повинна мати БСК₅ не більше 15 мг/л.

В залежності від температури води, що надходить на очищення, біофільтри розташовуються на відкритому повітрі (обов'язково з навісним дахом) або у приміщенні з опаленням чи без нього.

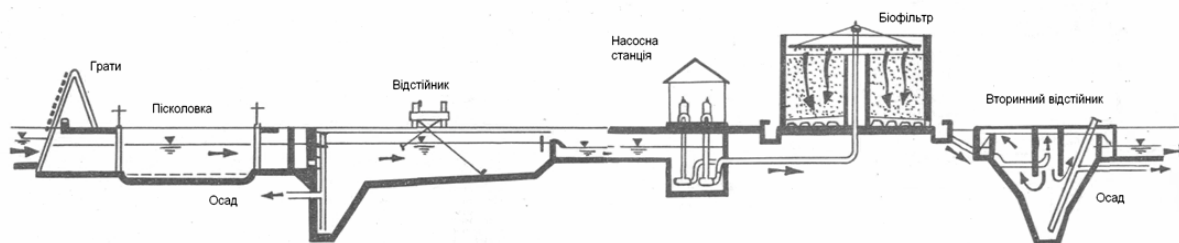


Рис.4.10 – Перетин очисувальної станції з біофільтром

До споруд біологічної очистки з примусовою аерацією відносяться: аерофільтри, циркуляційні окислювальні канали та аеротенки.

Аерофільтри за своєю конструкцією майже не відрізняються від біофільтрів. В аерофільтрах вікон у стінках міждонного простору немає. Сюди

за допомогою вентиляторів під тиском в 980 Па подається повітря, завдяки чому процеси очищення стічних вод відбуваються більш інтенсивно.

Циркуляційні окислювальні канали являють собою споруди овальної форми, глибиною до 1 м (рис. 4.11). Аерація стічних вод здійснюється механічними аераторами, що встановлені на початку прямої ділянки каналу. Механічні аератори (не менше двох) встановлюються по усьому перетину каналу.

Угруповання мікроорганізмів знаходяться у цих очисних спорудах у вигляді активного мулу.

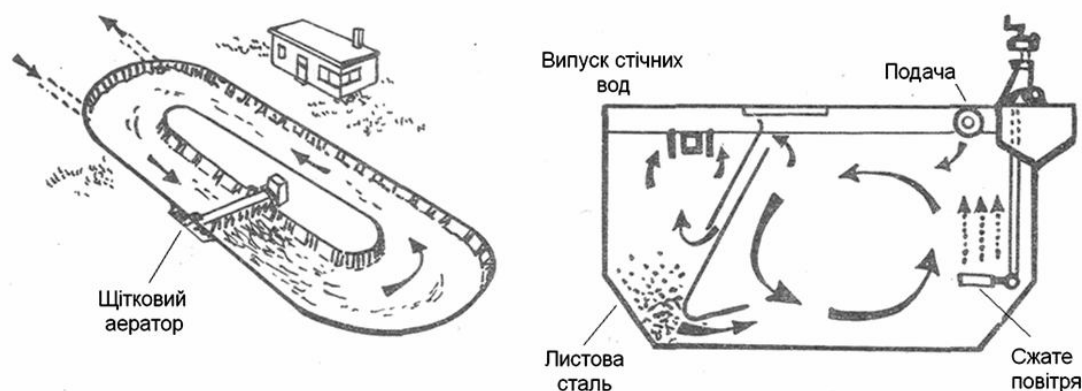


Рис.4.11 – Циркуляційний окислювальний канал

Аеротенки зараз є найбільш поширеними спорудами для біологічної очистки стічних вод з примусовою аерацією. Аеротенк являє собою резервуар прямокутного перерізу, поділений перегородками на окремі відсіки. Ширина аеротенка від 2 до 10 м, глибина 3-5 м, довжина – до 100 м (рис. 4.12). Перегородка впритул торкається тільки однієї стінки резервуару. З протилежного боку є зазор в декілька десятків сантиметрів, крізь який протікає вода. Сусідня перегородка має зазор з протилежного боку. Таким чином здійснюється повільне проходження води, що очищається, вздовж аеротенка.

Для дихання мікроорганізмів в воду, що знаходиться в аеротенку, постійно нагнітається стиснуте повітря у співвідношенні $10 \text{ м}^3 / 1 \text{ м}^3$ води. Чим дрібніше бульбашки повітря, тим краще вода насичується киснем. Тому стиснуте повітря подається в аеротенки крізь фільтросні пластини або проникливі полімерні труби, які забезпечують утворення дрібненьких бульбашок повітря. Фільтросні пластини виготовляються з пористої кераміки і закріплюються вздовж нижніх кутів аеротенка.

Час перебування стічної води, що очищається, в аеротенку становить від 2 до 20 годин.

Температура води в аеротенку підтримується на рівні $15-20^\circ\text{C}$, але може підвищуватися до 30°C . З підвищенням температури швидкість біохімічних реакцій зростає у 2-3 рази. Відповідно зі зниженням температури біохімічні реакції уповільнюються.

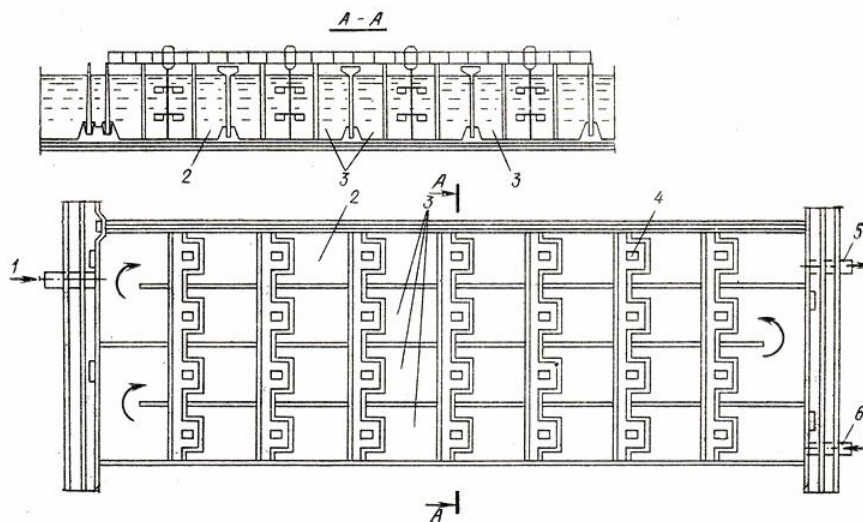


Рис. 4.12 – Аеротенк

*1 – подача стічних вод; 2 – басейн контакту; 3 – басейн стабілізації; 4 – турбоаератор;
5 – вихід мулової суміші; 6 – подача циркулюючого активного мулу.*

Концентрація активного мулу в аеротенку підтримується на рівні 2-3 г/л.

При введенні в експлуатацію споруд біологічної очистки активний мул завозиться в аеротенки з інших аналогічних споруд. Угрупування мікроорганізмів активного мулу доволі швидко адаптуються до конкретного складу стічних вод, що очищаються, змінюючи свій видовий склад.

При двох-, трьохступеневій очистці активний мул має на кожному ступеню різний видовий склад. Склад активного мулу змінюється навіть вздовж аеротенку відповідно до зміни складу стічних вод, що очищаються.

Згідно до зміни видового складу активного мулу, що встановлюється бактеріологічним аналізом, можна робити висновки про хід очистки стічних вод. Зменшення чисельності мікроорганізмів або певні зміни у видовому складі активного мулу вказують на незадовільний перебіг біологічної очистки стічних вод.

При нестачі у воді живильних для мікроорганізмів речовин або при наявності ксенобіотиків концентрація активного мулу знижується. При зниженні концентрації активного мулу менш 2 г/л треба додавати в аеротенки концентрований мул, підвищуючи його вміст до 3 г/л.

Для вирощування концентрованого активного мулу на станціях біологічної очистки передбачені спеціальні *аеротенки-стабілізатори*, де створюються сприятливі (за живленням, температурою, надходженням стислого повітря) умови для розвитку мікроорганізмів активного мулу.

Вчені-мікробіологи здійснюють постійний пошук і селекцію мікроорганізмів, здатних розщеплювати сполуки, які вважаються неподатливими до біологічної деструкції. Такі речовини мають спеціальну назву англійською «nonbiodegradable».

За останні роки в практику біологічної очистки стічних вод введені мікроорганізми, що очищають воду від фенолів, амонійного азоту, нітратів, іонів металів, розщеплюють нафтопродукти, хлорорганічні та сіркоорганічні сполуки і навіть пестициди.

На спорудах біологічної очистки з примусовою аерацією одним з важливіших компонентів очищення стічних вод є стисле повітря, що

виробляється компресорними станціями або повітродувками. Крім аеротенків, стисле повітря використовується в *преаераторах*.

На очисних спорудах зустрічаються дві групи преаeratorів. Одна група преаeratorів встановлюється на спорудах механічної очистки і призначається для відокремлення часток піску та завислих речовин від нафтової або жирової оболонки за допомогою барбатажу. Такі преаeratorи передують пісколовкам та первинним відстійникам.

Друга група – це преаeratorи, які встановлюються безпосередньо перед аеротенками і призначаються для попереднього насичення води, що очищається, киснем. У випадках нестачі у стічних водах живильних речовин в такі преаeratorи надходить свіжий активний мул та біогенні елементи.

Потік стічних вод, проходячи крізь споруди, де саме відбувається біологічна очистка, тягне за собою частинки мікроорганізмів, серед яких є як живі, так і відмерлі організми. Відокремлення живих та відмерлих мікроорганізмів від води, що очищається, здійснюється у *вторинних відстійниках* (рис. 4.13.). Живі мікроорганізми повертаються назад до споруд біологічної очистки.

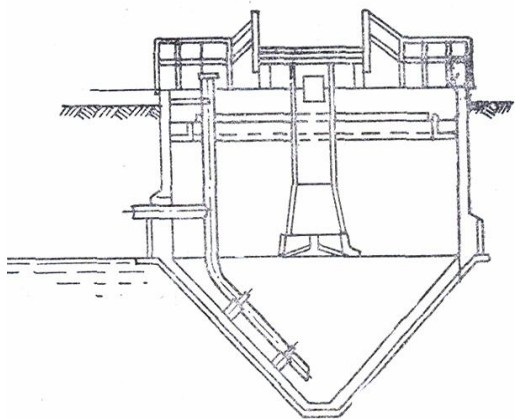


Рис. 4.13 – Вторинний відстійник

Вторинні відстійники встановлюються після біофільтрів, аерофільтрів, циркуляційних окислювальних каналів, аеротенків. У вторинних відстійниках швидкість проходження стічних вод знижується майже до нуля.

Вода, що очищається, відокремлюється у вторинних відстійниках від мулу і направляється на знезараження. Знезараження має за мету знищення хвороботворних мікроорганізмів, які можуть потрапляти до очисних споруд з господарсько-побутовими водами.

Знезараження стічних вод перед скидом їх до водного об'єкту здійснюється хлором або його сполуками: гідрохлоритом натрію, гіпохлоритом тощо. Найбільш поширений засіб хлорування води, що очищається, полягає у змішуванні її з хлорною водою в контактних резервуарах, яких на очисних спорудах повинно бути не менше двох. Хлорна вода готується в хлораторній шляхом змішування рідкого хлору з очищеною водою. Доза хлору повинна бути не менш 3 г/м^3 води, що очищається. Тривалість контакту води, що очищається, з хлорною водою становить 30 хвилин. Залишки хлору в знезараженій воді становлять $1,5 \text{ г/м}^3$. В той же час в очищеній стічній воді, що скидається у водні об'єкти, наявність вільного активного хлору не припустима, бо це може призвести до отруєння гідробіонтів. Дехлорування знезараженої води здійснюється за допомогою барбатажу стислим повітрям після контактних резервуарів або природно на шляху водовідведення до водних об'єктів за допомогою каскадів водозливів та швидко-плинів.

На очисних спорудах невеликої продуктивності хлорування здійснюється шляхом дозування розчинів сполук хлору до води, що знезаражується.

3. Фізико-хімічна очистка

Фізико-хімічні методи призначені для обробки води з метою її подальшого використання в технологічному процесі або для скиду після використання.

Фізико-хімічна очистка здійснюється на локальних очисних спорудах, які знаходяться, як правило, в цехах, або в окремих приміщеннях на території підприємств. Апарати фізико-хімічної очистки часто являють собою складову технологічного процесу, яка вертає до виробництва технічну воду, вторинну сировину або готову продукцію, вилучену зі стічних вод.

Фізико-хімічні методи очищення забезпечують вилучення з води розчинених речовин, що не піддаються зовсім або погано піддаються біологічному очищенню, а також речовин, що, що можуть зробити несприятливий вплив на колектори або інші елементи систем водовідведення.

Фізико-хімічні методи очистки базуються на використанні певних видів енергії:

- *Механічної* (тиск, гравітація) – фільтрування, мембранні методи, флотація;
- *Теплової* – випарювання, дистиляція, евапорація, термічне окислювання;
- *Електричної* – електрохімічні методи;
- *Хімічної* – реагентна обробка, адсорбція, іонний обмін, екстракція;
- *Іонізуючого випромінювання* – радіаційні методи.

Фільтрування. В деяких виробничих стічних водах містяться завислі домішки з речовини, питома вага якої близька до 1 г/см^3 , тобто приблизно така, як у води (вовна, бавовна, тирса та ін.). Видалення таких домішок у відстійниках майже не відбувається.

Для уловлювання волокнистих речовин (часток вовни, ниток, азбесту, тощо) застосовуються дискові волокно вловлювачі, які являють собою перфорований диск, що обертається, на який тонким шаром стікає рідина, що очищується. Волокна затримуються на поверхні диску і в міру накопичення скребком видаляються до бункера, а далі на утилізацію чи збереження.

Тонкодисперсні частки, які не вдається вилучити з рідини у відстійниках, можуть бути усунені також за допомогою *фільтрування*. Процес фільтрування полягає в пропусканні рідини крізь пористу перепону, яка затримує дисперговану фазу. Для прискорення процесу фільтрування проводиться під тиском або за допомогою вакууму. Як фільтруючі перегородки використовуються перфоровані пластини або сітки з нержавіючої сталі або кольорових матеріалів та сплавів, ткани та неткані полотна з різних матеріалів – азбестові, бавовняні, вовняні, з скловолокна та інші штучні волокна. Для влаштування фільтрів використовуються також зернисті матеріали: пісок, гранітна або мармурова крихта та ін..

Для вилучення нафтопродуктів та інших емульгованих речовин застосовуються поліуретанові фільтри.

В міру накопичення на фільтрі шару вилучених з рідини речовин продуктивність фільтру знижується. Усунення відфільтрованого шару речовин в залежності від конструкції фільтру здійснюється періодично або безперервно за допомогою скребачок. Зернисті фільтри, а інколи і пластинчасті, регенеруються шляхом зворотного промивання очищеною стічною водою.

Ефективність вилучення з води завислих та емульгованих домішок за допомогою фільтрування сягає 99% та більше.

Подальшим розвитком процесів фільтрування є **мембранні методи** – мікро-, ультра -, гіперфільтрування.

Мікрофільтрування застосовується для видалення з води дрібнодиспергованих домішок розміром 20-40 мкм. Для мікро-фільтрування застосовується апарат у вигляді горизонтального циліндра, поверхня якого виготовлена з мікро-сітки. Циліндр, що знаходиться у ванні, куди подається вода для очищення, повільно обертається. За допомогою вакууму, що утворюється усередині циліндру, вода проникає крізь вічки мікросітки, залишаючи на її поверхні шар дрібнодиспергованих домішок. Шар осадку знімається з сітки скрібком і потрапляє у спеціальний бункер.

Мікросітки виготовляються з нержавіючої сталі, латуні, бронзи, нікелю або з синтетичних матеріалів.

Ультрафільтрування – процес видалення з розчину високомолекулярних органічних сполук за допомогою мембран з розміром щпарин 5-200 нм. Молекули цих сполук мають приблизно такі ж розміри. Мембрани товщиною 0,1-0,2 мкм мають два шари. Поверхневий „активний” шар, виготовлений з полімерних матеріалів – оцетцелюлози, стілцелюлози, поліамідів виконує селективні функції. Товщина цього шару складає приблизно 0,2% від загальної товщини мембрани. Під ним, як основа, знаходиться міцний (металевий) крупнопористий шар.

Фільтраційні апарати виготовляються у вигляді циліндричних або плоских мембран.

Для пропуску води крізь мембрани при ультрафільтруванні застосовується тиск у 3-10 атм (0,3-1,0 МПа).

Гіперфільтрування (зворотний осмос) – процес розділення розчинів шляхом пропуску крізь мембрани, що мають пори розміром біля 1 нм. Крізь такі пори проходять молекули води, але не проникають гідратні іони солей і молекул недисоційованих сполук.

Проходження процесу гіперфільтрування забезпечується тиском, який перевищує осмотичний тиск розчину, що обробляється. Для розчину солей 5-10 % концентрації робочий тиск дорівнює 50-100 атм (5-10 МПа).

Переваги ультра - та гіперфільтрування: висока чистота фільтрату, можливість отримання і утилізації відфільтрованих речовин, процес відбувається при нормальній температурі.

Недоліки: мала продуктивність та велика вартість установки.

Реагентна обробка води. Природна або стічна вода являє собою багатокомпонентний розчин різних речовин. Для видалення шкідливих або небажаних домішок застосовується реагентна обробка, яка полягає у введенні до води, що очищується, певних хімічних реагентів, які утворюють з речовиною, що підлягає вилученню з води, нерозчинні або малорозчинні сполуки, які осідають на дні реактору.

Майже для кожної речовини можна знайти реагент, що утворить з нею нерозчинну сполуку. Для цього користуються відомими з курсу хімії рядами (таблицями) розчинності речовин і активності металів.

Реагентна обробка застосовується для очищення води від ціанідів, роданідів, іонів металів, органічних речовин.

Деструкція ціанідів і роданідів досягається обробкою води рідким хлором або речовинами, що виділяють активний хлор: гіпохлорид кальцію або натрію, хлорне вапно.

Вилучення в води іонів ртуті, хрому, кадмію, свинцю, нікелю, міді миш'яку, здійснюється сполуками натрію або кальцію: сульфатом, бісульфатом, або сульфідом, карбонатами або гідрооксидами – шляхом переводу їх з розчину в нерозчинний шлам.

Органічні сполуки, такі як: кетони, альдегіди, феноли, анілінові барвники тощо, розкладаються при окисненні озоном, киснем, перекисом водню, піролюзитом тощо.

Нейтралізація. У багатьох технологічних процесах стічні води мають кислу або лужну реакцію. Для уникнення корозії труб і обладнання, що здійснюють водовідведення, такі води нейтралізують.

Нейтралізація – це найпростіший вид реагентної обробки. Якщо на виробництві утворюються кислі та лужні стічні води, їх змішують для досягнення рН води в межах 6,5÷9 (*взаємна нейтралізація*). Якщо якихось вод не вистачає для досягнення такого результату, то лужні води підкислюють, а в кислі води додають соду або мелений карбонат кальцію (вапняк).

Значним недоліком реагентної обробки є те, що з вилученням одних домішок у воду одночасно потрапляють інші.

Коагуляція і флокуляція. Ці методи фізико-хімічної очистки є різновидом реагентної обробки і застосовуються для видалення тонкодисперсних завислих речовин та емульгованих домішок, що залишились у воді після механічної очистки у вигляді колоїдних часток.

Процес коагуляції полягає у додаванні до води, що підлягає додатковому очищенню, *коагулянтів* – спеціальних речовин, що при попаданні у воду утворюють пластівці, які повільно осідають на дно реактора. Пластівці коагулянтів мають невеличкий позитивний заряд, тоді як колоїди мають слабкий мінусовий заряд. Коагулянти захоплюють колоїдні та завислі частинки і залучають їх в осадок. Пластівці коагулянтів мають розмір 0,5-3 мм.

Найбільш поширені коагулянти:

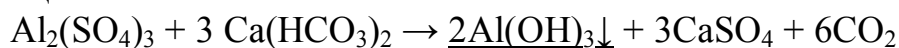
Сульфат амонію $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Алюмінат натрію NaAlO_3

Хлорне залізо FeCl_3

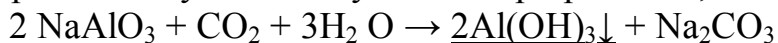
Сульфат заліза $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Потрапляючи у воду, порошок коагулянтів утворює гідроксида у вигляді пластівців:

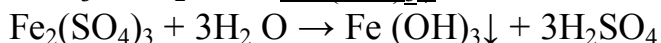
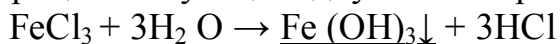


$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – гідрокарбонат кальцію, який завжди присутній у воді.

Процес коагуляції відбувається при $\text{pH} = 5 \div 7,5$.



Процес коагуляції відбувається при $\text{pH} = 9,3 \div 9,8$



Завдяки утворенню кислот знижується pH і вода, що очищується, потребує підлуження.

Залізовмісні коагулянти є відходами хімічної промисловості.

Залізовмісні коагулянти при низьких температурах утворюють більш великі за розміром пластівці, усувають неприємні запахи та присмаки, але надають воді ржаве забарвлення.

Добрі результати досягаються при використанні сумішей сульфату алюмінію з хлорним залізом у співвідношеннях 1:1 та 1:2. Доза коагулянту становить 10-50 мг/л.

В останні роки набуває впровадження ефективний коагулянт – дигідроксосульфат алюмінію (ДГСА) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 11\text{H}_2\text{O}$, який має значно кращу адсорбційну здатність і утворює менш агресивні розчини.

Процес *флокуляції* полягає в агрегації (укрупненні) пластівців коагулянтів, що сприяє пришвидшенню у 2-3 рази швидкості їх осадження. Флокулянти – це клеючі речовини типу столярного (декстрину) та силікатного (діоксид кремнію) клею. В практиці найбільше поширення мають синтетичні флокулянти: поліакриламід (ПАА), поліетиленоксид (ПЕО) та карбоксиметілцелюлоза (КМЦ).

Доза флокулянту становить 0,4-1,0 мг/л.

Обробка води, що очищується, коагулянтом та флокулянтом здійснюється в мішалках. Агреговані пластівці – флокули – осаджуються у відстійнику-освітлювачу

Флотація. Флотація застосовується для видалення з води поверхнево-активних речовин (ПАР) та емульсованих домішок (нафтопродуктів, жирів, смол та ін.). Процес флотації полягає в сорбуванні домішок, що знаходяться у воді, поверхнею бульбашок повітря, яке нагнітається в рідину, що очищується. В практиці очищення вод використовують напірні, імпульсні, безнапірні та вакуумні установки. Найбільше поширення мають напірні установки (рис. 4.14).

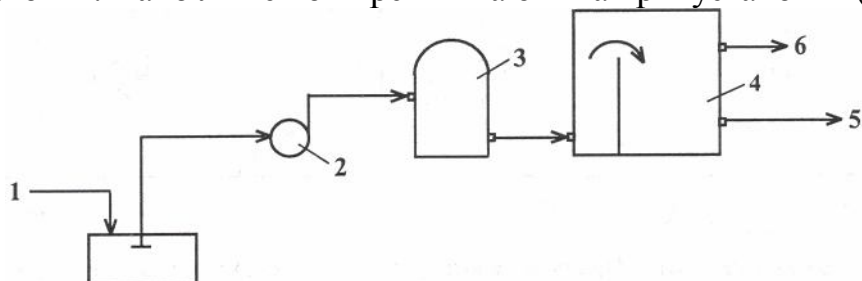


Рис. 4.14 – Установки флотаційного очищення

1 – забруднена вода, 2 – стисле повітря, 3 – газгольдер, 4 – флотатор,
5 – очищена вода, 6 – пінний шлам.

В таких установках вода спочатку насичується повітрям під тиском, а потім подається у відкритий резервуар, де відбувається виділення бульбашок,

які сорбують домішки, що містяться у воді. Іноді стиснуте повітря подається у нижній прошарок рідини, що знаходиться в резервуарі – флотаторі. Для підвищення ефективності очищення повітря подається через пористі (фільтросні) пластини або труби.

В імпелерних флотаторах повітря диспергується і нагнітається у воду турбіною насосного типу.

При вакуумній флотації в резервуарі-флотаторі створюється розрядження, що також сприяє утворенню бульбашок повітря.

Для безнапірної флотації використовуються ерліфтні установки, що дозволяють істотно (у 2-4 рази) знизити витрати електроенергії на флотаційну очистку.

Підвищенню ефективності очищення води за допомогою флотації сприяє наявність синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Утворена ними рясна стійка піна підвищує ступінь вилучення з води емульгованих і диспергованих домішок. При флотації одночасно досягається дегазація води, що очищається, і насичення її киснем.

Ефективність видалення домішок за допомогою флотації сягає до 80%.

Дегазація. В природних водах, особливо з підземних горизонтів, міститься певна кількість розчинених газів, таких як: сірководень (H_2S), діоксид вуглецю (CO_2), метан (CH_4), та інші вуглеводні, а також аміак (NH_3), кисень (O_2), азот (N_2) та ін.

В технологічних процесах, де підвищується температура воли, розчинені гази, що починають виділятися, сприяють корозії металу і бетону обладнання. В деяких технологіях, які потребують особливо чистої води для виробництва високоякісної продукції, виділення з води розчинених газів взагалі не припустимо.

Стічні води також можуть містити розчинені гази, які при виділенні з води утворюють в каналізаційних колекторах та колодязях отруйні або вибухонебезпечні суміші, що створює небезпеку для ремонтного та обслуговуючого персоналу.

У таких випадках здійснюється попереднє вилучення з води розчинених газів.

Процес штучного вилучення з води розчинених газів має назву – *дегазація*. Методи дегазації поділяються на фізичні та хімічні.

Фізичні методи дегазації води:

- продувка води стиснутим повітрям або водяною парою;
- нагрівання води з підвищенням ефекту дегазації за допомогою вакууму.

Для продувки води з метою видалення сірководню, аміаку, метану, вуглекислого газу застосовуються барботажні та плівкові дегазатори.

У барботажному дегазаторі (рис. 4.15) вода подається зверху крізь розбризкуючий пристрій назустріч стислому повітрю, що надходить знизу. Таким чином створюється ефективні умови для контакту рідини, що дегазується з повітрям. Для більш повної дегазації вода послідовно проходить крізь обидві секції апарату. Загальні витрати повітря для барботування становлять 10 м^3 на 1 м^3 води.

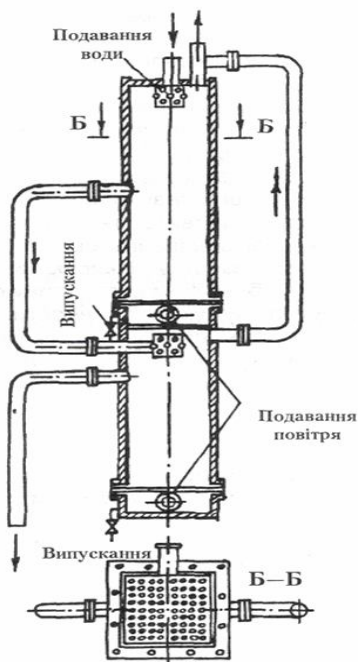


Рис. 4.15 – Схема барботажного дегазатора

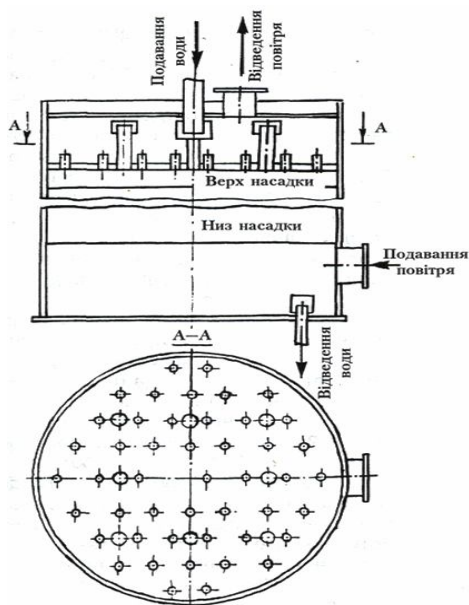


Рис. 4.16 – Схема плівкового дегазатора

У плівковому дегазаторі (рис. 4.16) контакт води з повітрям здійснюється у верхньому шарі води – на межі розподілу рідкої та газоподібної фаз. Вода, що підлягає дегазації подається зверху в апарат, куди одночасно знизу за допомогою вентилятора надходить повітря.

За допомогою кільцевих насадок, змонтованих на дірчастому днищі, відбувається аерація води, що сприяє видаленню сірководню, вуглекислого газу, та ін. Глибина видалення газів залежить від надходження повітря, яке становить від 4 до 15 м³ на 1м³ води, що дегазується.

Термічні дегазатори застосовуються головним чином для вилучення розчинного кисню з води, яка використовується в теплотехнічних системах, з метою захисту обладнання від корозії.

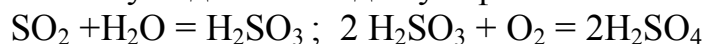
Принцип дії термічних дегазаторів базується на зменшенні ступеня розчинності газів з підвищенням температури води та одночасним зниженням парціального тиску цих газів, що досягається шляхом нагнітання у воду водяної пари. Найбільш глибока дегазація досягається при кипінні води. При застосуванні вакууму температура кипіння води знижується, одночасно відбувається безперервне відведення газів, що видаляються з води.

Термічні вакуумні дегазатори широко застосовуються у парогенераторах електростанцій.

Хімічні методи дегазації води полягають у обробці води реагентами, які утворюють з розчиненими газами сполуки, що потім видаляються з води. Хімічна дегазація може застосовуватися для більш глибокого ступеня видалення розчинених газів з води, після проведення фізичної дегазації.

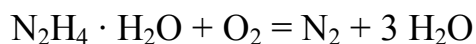
Для хімічної дегазації застосовують оксид сірки, гідразин, сульфід і тіосульфат натрію, металеве залізо тощо.

Під час обробки води оксидом сірки утворюється сульфідна кислота, яка окислюється розчиненим у воді киснем до сульфідної.

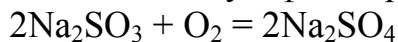


Газоподібний оксид сірки подається у воду з балонів.

Гідразин (N₂H₄) застосовується у вигляді кристалогідрату (N₂H₄ · H₂O) або гідразин-сульфату (N₂H₄ · H₂SO₄):

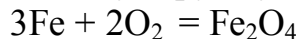


При взаємодії з розчиненим киснем сульфід натрію окислюється до сульфату:



Сульфід подається в воду у вигляді 3-10% розчину.

При пропуску води крізь сталеву стружку:



Ефективність зв'язування розчиненого кисню реагентами зростає з підвищенням температури води, у лужному середовищі та в присутності каталізаторів, наприклад, іонів мангану.

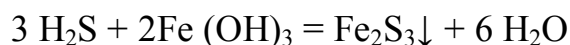
Знекиснення води здійснюється в електролізерах зі сталевими або алюмінієвими електродами, що розчинюються під час окиснення заліза і алюмінію.

Стічні води, що містять сірководень піддають аерації з подальшим хлоруванням:

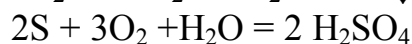
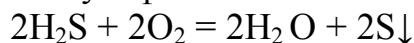


Вільну сірку видаляють коагуляцією та флокуляцією з наступним фільтруванням.

Розчинений у воді сірководень видаляють також за допомогою гідроксиду заліза:



При значному вмісту сірководню у стічних водах їх піддають біохімічному очищенню за допомогою сіркобактерій, для яких живильним середовищем є кисень і сірководень. Сіркобактерії окислюють сірководень до сірки з наступним утворенням сульфатної кислоти.



Утворена сульфатна кислота нейтралізується карбонатами, що містяться у воді.

Адсорбція є одним з найбільш ефективних методів очистки стічних вод від розчинених органічних сполук шляхом вилучення їх молекул з розчину за допомогою *адсорбентів*.

Адсорбенти – це природні або штучні дрібнозернисті матеріали з розвинутою зовнішньою та внутрішньою поверхнею. Внутрішня поверхня зернини характеризується наявністю пор, їх кількістю та відкритістю. Активність адсорбентів визначається ефективним радіусом пор:

$$R_{\text{еф}} = 2 \frac{F}{P}, \quad (4.2.)$$

де F – площа перерізу пор;

P – периметр пори по перерізу.

За цим показником пори зернини адсорбенту поділяються на:

макропори з $R_{\text{еф}} > 100\text{нм}$

перехідні з $R_{\text{еф}} = 15 \div 100\text{нм}$

мікропори з $R_{\text{еф}} = 1,5 \div 15\text{нм}$

субмікропори з $R_{\text{еф}} = 0,7 \div 1,5\text{нм}$

Молекули органічних сполук мають розміри, порівняні з ефективним радіусом пор адсорбенту: метиламін – 0,52 нм; етіламін – 0,65 нм;

фенол – 0,63 нм; дихлоретан – 0,81 нм; анілін – 0,83 нм; барвник фіолетовий кристалічний – 1,42 нм; барвник конго червоний – 1,29 нм; ПАР – 1,8÷6,9 нм.

Адсорбційні властивості мають торф, глина, шлаки, коксова крихта, керамзит тощо. Ефективними є штучні адсорбенти: активоване вугілля, сополімери стірола і дивінілбензола та інші з $R_{\text{сф}}=0,5\div 10\text{ нм}$. Полімерні сорбенти мають значно більшу механічну міцність, відрізняються довготривалістю експлуатації і легше піддаються регенерації.

Розрізняють фізичну та активовану адсорбцію і хемосорбцію.

Фізична адсорбція полягає у міжмолекулярній взаємодії поверхні адсорбенту з розчиненими органічними сполуками, включаючи проникнення молекул розчину (адсорбату) у пори адсорбенту. При фізичній адсорбції адсорбент здатний до регенерації.

Активована адсорбція відбувається шляхом проникнення молекул адсорбату в кристалічні ґрати адсорбенту. Активована адсорбція є необоротною і проходить повільно. З підвищенням температури швидкість адсорбції помітно зростає. Теплота адсорбції складає декілька сотень кілоджоулів на один моль адсорбату.

Хемосорбція – хімічна реакція адсорбату і адсорбента, що супроводжується виділенням теплоти реакції.

Існують три типи установок адсорбційної очистки:

- апарати з щільним нерухомим шаром адсорбенту у вигляді сталевих циліндричних колон, до яких під тиском подається вода, що очищується, або відкритих (безнапірних) резервуарів прямокутної чи круглої форми (рис. 4.17)
- апарати з псевдорідким (киплячим) шаром адсорбенту безперервної дії потужної продуктивності, де вода, що очищається, рухається знизу вверх, підтримуючи шар адсорбенту в завислому стані (рис. 4.18)

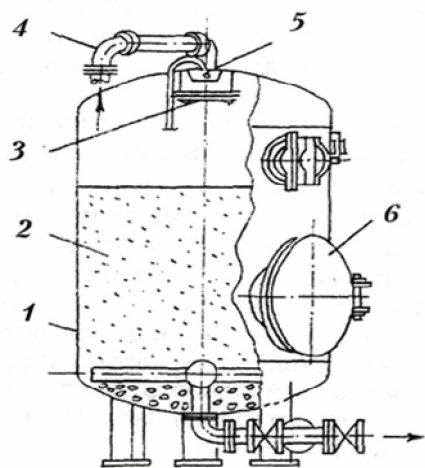


Рис. 4.17 – Схема вертикального напірного адсорбера

1 – корпус, 2 – нерухомий шар активованого вугілля, 3 – відбійник, 4 – трубопровід подавання стічної води, яка очищується, 5 – трубка для скидання повітря, 6 – люк.

- апарати з примусовим перемішуванням рідини і адсорбенту з використанням механічних (турбінних чи лопатевих) мішалок, з гідравлічним або пневматичним перемішуванням (рис. 4.19)

Адсорбент забезпечує надійне видалення з води органічних сполук доки не досягне межі насичення (адсорбційної ємності), що контролюється спеціальними приладами. Оновлення адсорбенту здійснюється пошарно в міру його насичення або шляхом заміни окремих касет з адсорбентом.

Відпрацьований адсорбент потрапляє на регенерацію, яка здійснюється за допомогою водяної пари. Конденсат, який містить концентрат органічних сполук, що вилучені з очищеної води, утилізується.

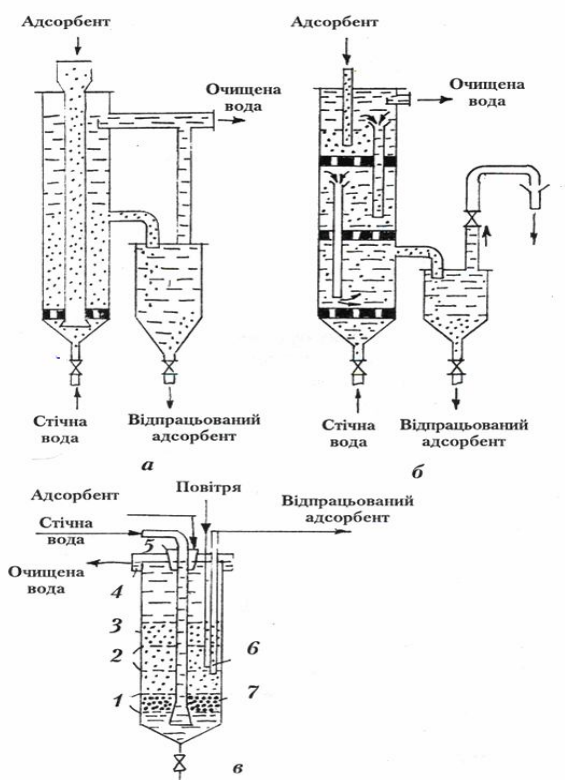


Рис. 4.18– Схеми адсорберів безперервної дії з псевдо рідким шаром активованого вугілля
а – одноярусний, б – багатоярусний з пересіченими трубами, в – з секціонуванням шару адсорбенту; 1 – опорні ґратки, 2 – розподільні ґратки, 3 – адсорбент, 4 – жолоб для очищеної води, 5 – підживлювальна лійка сухого дозування вугілля, 6 – ерліфт, 7 – шар гравію.

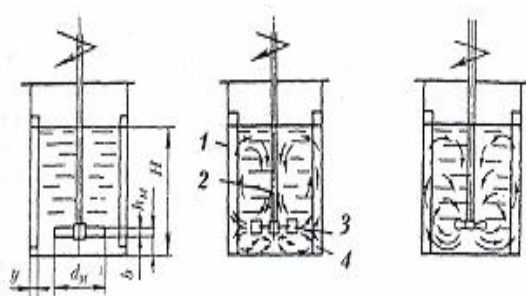


Рис. 4.19 – Схема апаратів з лопатевою мішалкою
1 – корпус апарата, 2 – вал, 3 – мішалка, 4 – відбивні перегородки.

силікати, оксиди та фосфати металів. Зараз природні іоніти майже не використовуються.

Штучні іоніти виготовляють у вигляді порошку (0,04-0,07 мм), зернин (0,3-2,0 мм), волокнистих матеріалів, листів та плиток. Вони мають такі назви (скорочення): СДВ – стиролдивінілбензол, ЕДЕ – етилдіамінетиленхлоргідрин,

Адсорбційна очистка має ефективність вилучення домішок 99,0-99,9% і застосовується для:

- очищення виробничих стічних вод, що не очищаються на спорудах біологічної очистки;
- отримання технічної води зі стічних вод, що не очищаються на спорудах біологічної очистки;
- уникнення продувних циклів в системах оборотного водопостачання і перетворення їх на замкнуті системи водоспоживання, особливого ефекту в цьому можна досягти при додатковому застосуванні іонообмінної очистки.

Іонообмінна очистка є своєрідним вдосконаленням адсорбційної очистки, де замість адсорбентів для контакту з водою, що очищається, використовують іоніти – тверді зернисті, порошкоподібні або волокнисті матеріали, що відрізняються механічною міцністю і хімічною стійкістю. Іоніти мають пористу структуру с $R_{\text{ef}}=8\div 20000$ нм. На поверхні іоніти мають невеликі електричні заряди.

При взаємодії з розчином відбувається обмін іонами між розчиненими речовинами та іонітами. Іоніти, що поглинають з розчину позитивні іони, мають назву *катіоніти*, ті що поглинають негативні іони – *аніоніти*. Існують іоніти, що поглинають з розчину як позитивні, так і негативні іони. Вони мають назву *амфоліти* (амфотерні іоніти).

Іоніти бувають природні та штучні. До природних відносяться: цеоліти, польові шпати, слюди, апатити, вермикуліти, деякі рудні мінерали –

МСФ – моносультат, КУ – катіоніт універсальний, АВ – аніоніт високоосновний, КБ – катіоніт буферний та ін. У практиці очистки води найбільше поширення мають іонообмінні смоли.

Зараз діапазон штучних іонітів охоплює практично усі можливі речовини, що знаходяться у розчиненому стані. Таким чином для вилучення з води певної речовини чи групи речовин застосовують відповідні іоніти

Кінетика іонного обміну складається з наступних етапів:

- перенесення іонів з розчину на зовнішню поверхню зерен іоніта;
- перенесення іонів у середину зерна іоніта;
- хімічна реакція іонного обміну;
- перенесення іонів протилежного знаку на поверхню зерен іоніта;
- витиснення іонів на поверхню зерен іонітів та перенесення їх у розчин.

Динаміка іонного обміну полягає у фільтруванні рідини крізь:

- стаціонарний шар зерен іоніту зверху униз або навпаки;
- гідродинамічно фіксований шар зерен, порошку чи волокон іоніта;
- „киплячий” (зважений) шар іоніту;
- шар іоніту, що рухається на зустріч потоку рідини.

Під час експлуатації іоніти поступово досягають межі насиченості, що фіксується контрольно-вимірювальною апаратурою, використання іонітів припиняється і вони направляються на регенерацію.

Катіоніти регенеруються слабким розчином кислоти (2-8%), набуваючи Н-форму. Аніоніти регенеруються слабким лужним розчином (2-6%), набуваючи ОН-форму.

Іонообмінні установки безперервної дії мають декілька блоків, деякі з них працюють, інші регенеруються. Існують також установки безперервної дії з шаром іоніту, що рухається. В таких установках відпрацьовані іоніти поступово замінюються на свіжі.

Під час тривалої експлуатації та багаторазових регенерацій відбувається „старіння” іонітів. Вони втрачають здатність до іонного обміну, зазнають механічного руйнування і виходять з ладу.

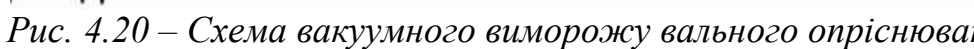
Правильний підбір іонітів і відповідна організація технологічного процесу забезпечує ефективність іонної очистки води на рівні 99,0-99,9%.

Виморожування відноситься до методів демінералізації стічних вод. Фізична суть методу полягає у тому, що замерзання води (кристалізація льоду) відбувається при температурі 0°C , а сольові розчини мають значно нижчу температуру замерзання.

Завдяки меншій щільності льоду ($916,8 \text{ кг/м}^3$), ніж води, його грудки плавають на поверхні, більш важкий сольовий розчин осідає на дно. Проте, під час замерзання води молекули (іони) мінеральних солей вкорінюються в кристалічні ґратки льоду. Вміст солей у льодових кристалах сягає до 40-50% первісного солевмісту стічної води, що і визначає порівняно невелику ефективність методу виморожування.

Виморожування стічних вод технологічно може здійснюватись як за природним льодоутворенням, так і за допомогою холодильних машин.

У теплий період застосовується штучне виморожування за допомогою холодильних машин. Такий метод опріснення застосовується у Європейських країнах і США з середини минулого сторіччя. Особливо ефективні охолоджувальні установки з використанням вакууму, який значно знижує теплові витрати на льодоутворення (рис. 4.20).



Виморожування забезпечується порівняно простими технологічними процесами, а низькі температури значно менше впливають на корозійну придатність обладнання, ніж високі.

Випаровування, випарювання, дистиляція, ректифікація. Ці методи очистки базуються на перетворенні води у водяну пару, що може бути досягнуто як у природних умовах випаровування, так і шляхом доведення води

до кипіння і пароутворення з наступною конденсацією пари і отриманням дистильованої води та концентрованого розчину.

Випаровування – засіб ліквідації високо мінералізованих стічних вод (наприклад, содових та інших підприємств основної хімії) шляхом утримування їх у накопичувачах – випарниках, де під впливом сонячного тепла та вітру рідина випаровується. Осади таких стічних вод, як правило, не мають якоїсь промислової цінності і як вторинна сировина не використовується, залишаючись у накопичувачі, повільно зашламовують його.

Використання накопичувачів – випарників доцільно в районах з сухим жарким кліматом. Вони потребують надійної гідроізоляції з метою уникнення забруднення підземних вод та бокової фільтрації.

Накопичувачі – випарники створюють постійну загрозу забруднення повітря солоним пилом.

Випарювання-дистиляція – це дві складові процесу пароутворення з наступною конденсацією пари, в наслідок чого отримуємо дистильовану воду і концентрований розчин (розсіл). Цей метод застосовується для отримання чистої води, що майже не містить сторонніх домішок, і ропи як сировини для виробництва цінних продуктів. Випарювання рідини потребує значних витрат теплової енергії. Застосування вакууму дозволяє дещо знизити температуру кипіння води, але провокує надходження у пару, що утворюється летких речовин.

Випарювання може бути одно- та багатоступінчастим.

Одноступінчасте випарювання здійснюється у апараті з наступним відведенням конденсату і розсолу (рис. 4.21). В одноступінчастих випарних апаратах пара, що забезпечує нагрівання води, використовується одноразово, тому вони потребують підвищених витрат тепла, порівняно з багатоступінчастими апаратами (рис 4.22). Так, при одноступінчастому випарюванні для отримання 1кг дистилату витрачається на підігрів води 1кг пари, при двоступінчастому випарюванні витрачається тільки 0,7 кг гріючої пари, при триступінчастому – 0,4 кг, завдяки багаторазовому використанню теплоти гріючої пари. Тепло гріючої пари вистачає на 10-12 ступенів з перепадом температури у 5-6 °С. На кожному ступеню випарної установки досягається упарюванням рідини приблизно на 50 %.

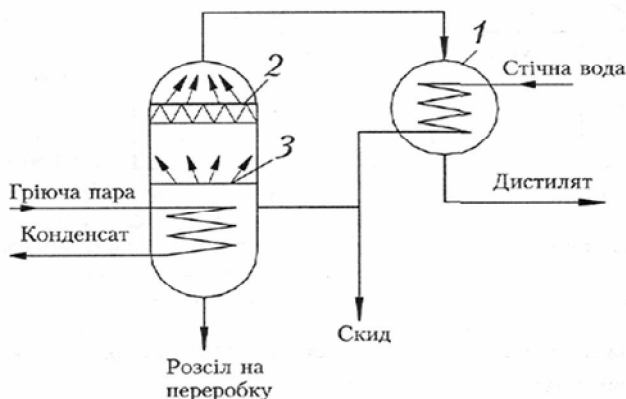


Рис. 4.21 – Схема однокорпусного випарювача
1 – конденсатор, 2 – крапле уловлювач, 3 – випарювач.

Експлуатація випарних установок ускладнюється осадженням на внутрішній поверхні апаратів карбонату та сульфату кальцію (CaCO_3 , CaSO_4). Уникнути накипоутворення вдається шляхом підтримання рН розчину на рівні 6,5-6,8, додаючи потрохи сірчаної кислоти, і проходження рідини зі швидкістю не менш 3 м/с.

Для боротьби з накипоутворенням застосовуються також ультразвукові установки та попередня магнітна обробка води.

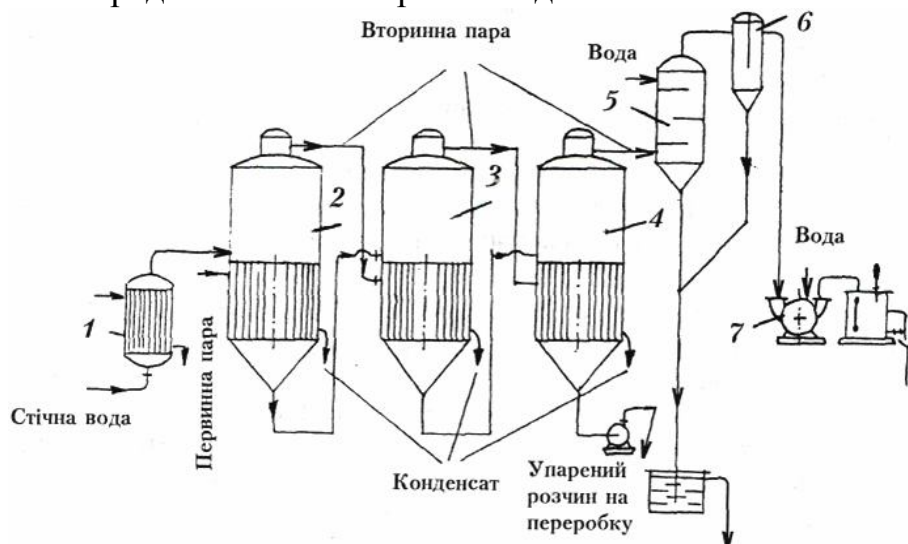


Рис. 4.22 – Схема багатокорпусної прямооточної вакуум-випарної установки
1 – підігрівник, 2 – перший корпус, 3 – другий корпус, 4 – третій корпус, 5 – конденсатор, 6 – каплеуловлювач, 7 – вакуум-насос.

Ректифікація – засіб розділення рідких багатокомпонентних сумішей завдяки використанню різниці температур пароутворення (конденсації) окремих компонентів рідини.

При нагріванні рідини першим випаровує компонент з найнижчою температурою кипіння. пари цього компоненту потрапляють до окремої ректифікаційної колони, де конденсується. Пари компонентів з більш високими температурами пароутворення потрапляють до інших ректифікаційних колон, кількість яких на одну менше, ніж кількість компонентів рідкої суміші, що розділяється.

Екстракція і евапорація. Екстракція – метод видалення зі стічних вод емульсій та розчинених органічних сполук за допомогою *екстрагента* – розчинника більш активного, ніж вода. Найбільш поширені екстрагенти: бензин (авіаційний), бензол, бутилацетат, чотирьох-хлористий вуглець, феносольван.

Речовина, що вилучається зі стічної води за допомогою екстрагента, має назву *екстракт*.

Вода, з якої деякою мірою вилучені домішки, що екстрагуються, має назву *рафінад*.

Процес екстракції здійснюється в апаратах екстракторів (рис. 4.23).

Існує одноступенева та багатоступенева екстракція (рис. 4.24).

Технологічний процес екстракції складається з таких елементів :

- змішування стічної води, що очищається з екстрагентом;
- розподілення екстракту і рафінаду;

- видалення залишків екстрагенту з води;
- регенерація екстрагенту.

Змішування стічної води з екстрагентом відбувається шляхом протитечії у вертикальному або горизонтальному напрямку. У вертикальних екстракційних колонах стічна вода, як більш важка фаза, подається зверху, а екстрагент – знизу. В екстракційних колонах створюються умови для найліпшого перемішування води і екстрагента шляхом розбризкування рідини.

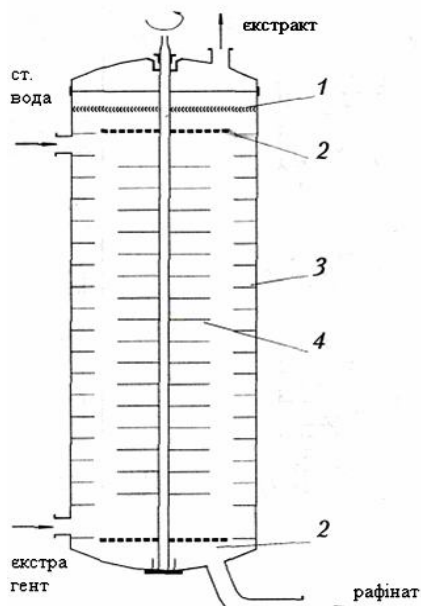


Рис. 4.23 – Екстракційна колона
1 – межа поділу фаз, 2 – сітки,
3 – кільця статора,
4 – роторний диск.

Розподілення екстракту і рафінаду здійснюється у відстійниках завдяки різниці питомої ваги цих двох рідин.

Видалення залишків екстрагенту з води, що очищується, досягається методом дегазації.

Екстрагент є відносно коштовним продуктом, тому при екстракційному очищенні стічної води бажано його регенерувати і використовувати багаторазово. Регенерація екстрагента здійснюється методом ректифікації та евапорації.

Евапорація – це відгін летких речовин з рідини за допомогою пари.

Евапорація здійснюється у дистиляційних колонах безперервної або періодичної дії. В дистиляційну колону протитечєю надходить екстракт (зверху) і гостра пара (знизу). Під впливом високої температури екстрагент випаровується з екстракту і разом з водяною парою надходить до конденсатора, де водяна пара перетворюється у рідину, а екстрагент у газоподібному стані потрапляє далі до холодильника, де зріджується, і потім у вигляді рідини повторно використовується для екстракції.

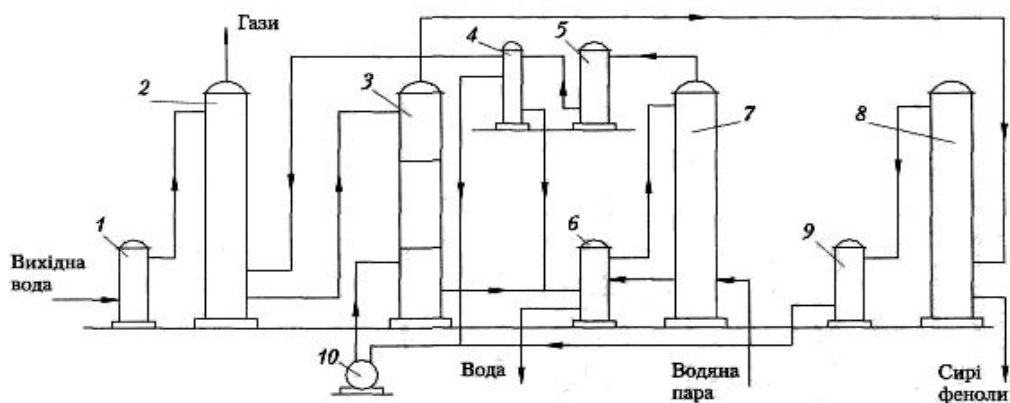


Рис. 4.24 – Принципова схема установки екстракційного знефенолювання стічної води феносольваном (коксохімічне підприємство)

1 – холодильник, 2 – зрошувальна колона, 3 – екстракційна колона, 4 – сепаратор,
5 – конденсатор, 6 – теплообмінник, 7 – відгонна колона, 8 – вакуумна колона,
9 – конденсатор, 10 – збірник екстрагенту.

Метод евапорації також самостійно застосовують для очищення стічних вод від фенолів, аміаку, аніліну та його похідних, інших летких речовин.

Електрохімічні методи очистки. Абсолютна чиста (без домішок) вода є діелектриком і електричний струм практично не пропускає. Під час надходження до води неорганічних речовин, що утворюють водний розчин, вода набуває властивості провідника електричного струму.

Електроліз – це процес пропускання електричного струму крізь водний розчин, який сприяє підвищенню активності іонів розчинених речовин. Ємкість, до якої підведено електроди – анод та катод і де відбувається електроліз, має назву електролізер. Під час проходження постійного електричного струму крізь водний розчин аніони (негативно заряджені частинки) рухаються в напрямку анода (позитивний електрод), катіони – в протилежному напрямку.

В залежності від характеристик постійного електричного струму, що надходить до електродів, матеріалу з якого зроблені електроди, конструкції електролізерів здійснюються такі види електрохімічної очистки води: електродіаліз, електрохімічне окислення, електролітичне виділення металів, електрокоагуляція, електрофлотація.

Електродіаліз – процес розділення (сепарації) іонів розчину солей, що здійснюється в багатокамерному мембранному апараті (електродіалізаторі) під дією постійного електричного струму, спрямованого перпендикулярно площині мембран.

Якщо два розчини з різними концентраціями солей розділені пористою перегородкою, то спостерігатиметься вирівнювання концентрації цих розчинів шляхом проникнення крізь пори перегородки іонів з розчину з більшою концентрацією солей до розчину з меншою концентрацією. Катіони переміщуються в напрямку проходження електричного струму, аніони – в протилежному напрямку. Таким чином в одному пристрої між перегородками зосереджується розчин з високою концентрацією солей (розсольна камера), а сусідня камера (дилуатна) наповнюється знесоленою водою – дилуатом (рис. 4.25). Відстань між іонно-обмінними перегородками, що утворюють розсольну чи дилуатну камеру становить 0,5-1,5 мм. У промислових електродіалізаторах розміщуються від 500 до 1000 мембранних перегородок. Розсіл і дилуат відводяться з апарата окремо один від одного.

Електродіалізатори використовуються для опріснення морської води, знесолення шахтних, дренажних та інших мінералізованих вод. Промисловістю виготовляються електродіалізнні установки продуктивністю 50-6000 м³/добу.

Електрохімічне окиснення стічних вод – це багатоскладовий процес, який складається з окислення на аноді, електрокоагуляції, електрофорезу колоїдних часточок, електрофлотації.

Під час електрохімічної обробки стічних вод на аноді відбувається виділення атомарного кисню, який окислює органічні домішки до простих окислів або до більш безпечних речовин, що підлягають біохімічному окисненню. Відповідно на катоді відбувається виділення водню, який, приєднуючись до електронегативних функціональних груп, сприяє процесам

електрохімічного відновлення. Окислення залежить від матеріалу електродів, густини електроструму, концентрації домішок і сольового складу, рН тощо.

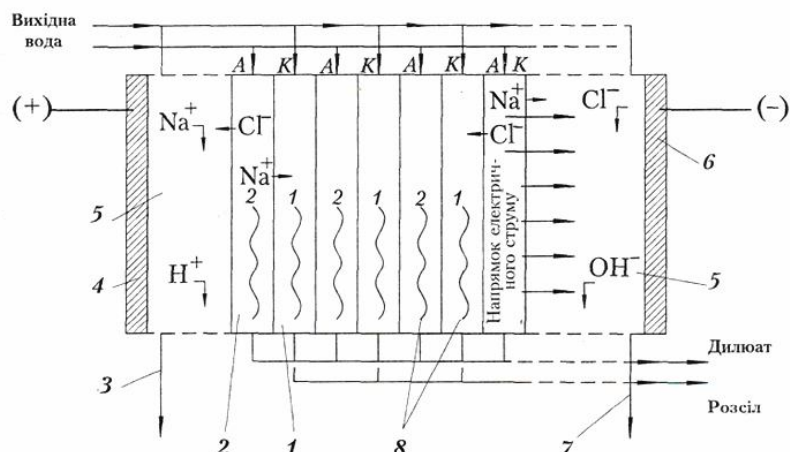


Рис. 4.25 – Схема електродіалізного апарату

1 – розсольна камера; 2 – дилуатна камера; 3 – введення аноліту; 4 – анод;
5 – приелектродна камера; 6 – катод; 7 – введення католіту; 8 – прокладки турбулізатора.

Матеріали електродів повинні бути активними і хімічно стійкими. Для їх виготовлення використовують леговані сталі, титан, оксиди свинцю, алюміній та його сплави, магнетит, вугілля, графіт.

З підвищенням густини електроструму зростає кількість кисню та водню, що утворюються під час електролізу води.

Наявність хлоридів в стічній воді підвищує ефективність процесу електрохімічної очистки завдяки хлоруванню води атомарним хлором, що виділяється при електролізі.

Електрохімічна очистка забезпечує деструкцію молекул багатьох штучно синтезованих органічних сполук. Такі сполуки, як наприклад, метанол і толуол, окислюються до CO_2 і H_2O . В електрохімічних окисно-відновних процесах ряд токсичних сполук перетворюються на менш токсичні. Формальдегід окислюється до форматної кислоти, ацетальдегід – до ацетатної, які здатні до подальшого біохімічного окиснення. Ціаніди перетворюються у менш токсичні ціанати, сульфіді – у нетоксичні сульфати. Деякі сполуки, що знаходяться у розчиненому стані, утворюють нерозчинені речовини і випадають в осад.

Електролітичне видалення металів зі стічних вод відбувається на катоді завдяки властивостям катіонів металів приєднувати електрони у відповідності з їхнім електричним потенціалом.

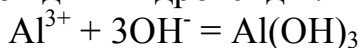
Ефективність видалення металів з розчину електроліта під дією постійного електричного струму залежить від багатьох чинників: електролітичної активності металів, виду електродів, напруги електроструму, рН і температури розчину, щільності іонів металів у розчині, наявності сторонніх домішок, зокрема завислих речовин тощо.

Умови електролітичного виділення металів суттєво впливають на якість катодного осаду. Вимоги до якості катодного осаду визначаються його призначенням. Якщо за мету ставиться отримання з цього осаду у чистому вигляді металу, що вилучається зі стічних вод, то завдяки підвищенню рН

катодні осади стають крихкими і тріщинуватими, що дозволяє їх легко зняти з катоду для подальшої обробки.

Утворення щільного, гладкого з блискучою поверхнею осаду досягається завдяки підтриманню певної густини струму, оптимальної для кожного електролітичного процесу.

Електрокоагуляція здійснюється завдяки надходженню коагулянтів до стічної води, що обробляється, в процесі електролітичного розчинення електродів, зроблених з алюмінію і заліза, під дією електричного струму з подальшим утворенням відповідних гідроксидів:



При електрокоагуляції немає необхідності у доставці, складуванні та дозуванні коагулянтів і досягається найбільш повне застосування пластівців коагулянту, які утворюються безпосередньо у воді, що освітлюється.

Очищення води електрокоагуляцією здійснюється у засипних електролізерах, де електроди зроблені у вигляді діафрагм, засипаних металевою струшкою та обрізками (рис. 4.26).

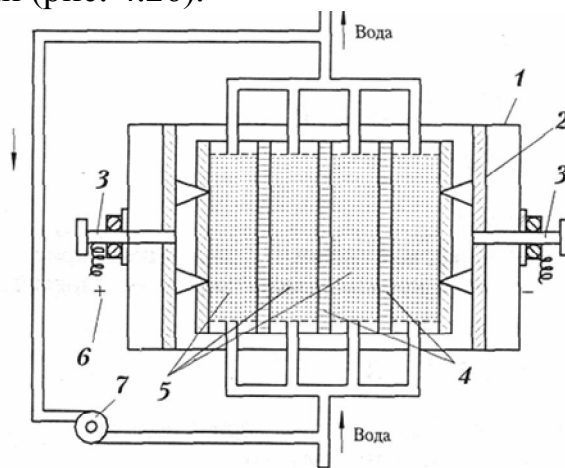


Рис. 4.26 – Схема електролізера із засипними електродами

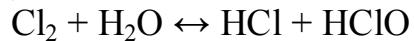
1 – ванна; 2 – неелектродні торцеві пластини; 3 – гвинти для ущільнення засипки;
4 – діафрагма; 5 – засипка з металевої стружки; 6 – струмопідведення;
7 – циркуляційний насос.

Електрофлотація здійснюється у флотаторі, в нижній частині якого розміщена електродна система. Електроди виготовляються з корозійностійких матеріалів, наприклад, з графіту і нержавіючої сталі. До флотатора надходить вода, що очищається, і додаються коагулянт (сульфат алюмінію або заліза), поверхнево активні речовини, флокулянт (розчин поліакриламід), компресором нагнітається повітря. Таким чином на поверхні електрофлотатора утворюється стабільна піна, яка видаляється скребком.

Електрофлотаційному очищенню піддають високо мінералізовані води. Під час електрофлотації знижується вміст заліза на 65%, нафтопродуктів – на 85%, фенолів – на 50%.

Окисно-відновні методи очистки базуються на уведенні до води, що очищується, хлору бо кисню та їх сполук, а також озону.

Для обробки стічної води застосовують хлорну воду – розчин газоподібного хлору у воді. За нормального атмосферного тиску та температури 10°C в 1 дм³ води розчиняється близько 3 дм³ (9,65 г) газоподібного хлору. У водному розчині хлор утворює соляну та хлорноватисту кислоти:



Більш високу окисну здатність, ніж хлор, має діоксид хлору ClO_2 – зеленувато-жовтий газ з інтенсивним характерним запахом. Діоксид хлору добре розчиняється у воді.

В обробці води використовуються такі сполуки хлору, як гіпохлорит натрію ($\text{NaClO} \cdot \text{H}_2\text{O}$) та хлорне вапно ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Хлор та його сполуки застосовуються для очистки стічних вод, що містять ціаніди, виробництва сульфатної целюлози, нафтопереробної промисловості, деяких пестицидів, а також для знебарвлення, дезодорації та обеззараження води.

Молекулярний кисень (кисень повітря) є не менш ефективним окисником і застосовується для очистки стічних вод целюлозної промисловості, що містять меркаптіл, метилмеркаптан та інші речовини з дуже неприємним запахом, стічних вод, що містять феноли, з утворенням простих окислів – CO_2 і H_2O .

Обробка нафтовмісних стічних вод киснем повітря поряд з процесами хімічного окиснення супроводжується біохімічним окисненням мікроорганізмами, які розвиваються завдяки значному надлишку кисню та наявності нафтопродуктів як споживчих речовин для певних видів мікроорганізмів.

В технології очистки стічних вод широко застосовуються сполуки, що містять кисень і виділяють його з розчину. До таких сполук відносяться: перекис водню, перманганат калію та діоксид марганцю. Ці сполуки окислюють нітрیتی – в нітрати, сульфіді – в сульфати, ціаніди – в ціанати, сприяють розкладу формальдегіду, інших альдегідів, спиртів, ароматичних сполук, фенолів.

Озон – світло-блакитний газ з характерним запахом, виробляється в апаратах – озонаторах у процесі так званого тихого або бар'єрного електричного розряду.

Озон (O_3), потрапляючи у воду, розкладається на молекулярний (O_2) і атомарний кисень (O), який є енергійним окислювачем, що досягає вищих ступенів окиснення речовин до простих окислів.

Озон має більш високу, ніж кисень або хлор, бактерицидну здатність. Озон знищує не тільки хвороботворні мікроби, але і віруси, які не знешкоджуються хлором. Знезараження озоном відбувається в 10-15 разів швидше, ніж хлором. При підтриманні концентрації озону у воді 0,4-0,5 мг/дм³ протягом 4 хвилин досягається інактивація вірусів на 99,99 %.

Одночасно з окисненням відбувається відновлення окремих елементів і сполук, що містяться у стічній воді.

Окисно-відновні методи очистки забезпечують утворення сполук, здатних для подальшого біохімічного окиснення, тобто для біологічної очистки.

При окисно-відновних методах очистки майже не утворюються осади.

За допомогою **термоокислювальних методів очистки** виробничих стічних вод досягається практично повний розклад високомолекулярних органічних сполук

до простих окислів. Термоокиснення полягає в обробці висококонцентрованих стічних вод, які мають показники ХСК від 5000 до 200000 мг/дм³, під тиском 5-18 МПа і при температурах 120-1000°C в герметичних міцних апаратах періодичної дії – *окситенках*. Розрізняють два основних метода термоокиснення – *рідкофазне* і *каталітичне* в парогазовій фазі.

Рідкофазне окиснення здійснюється при температурах до 350°C та тиску, який забезпечує підтримання води, що обробляється, в рідкому стані. Процес обробки триває від 15 хвилин до 5 годин в залежності від виду та концентрації домішок.

Гарні результати досягаються при застосуванні рідкофазного окиснення для очистки стічних вод підприємств азотної промисловості, нафтопереробних заводів, целюлозно-паперових комбінатів, підприємств фармацевтичної промисловості. Завдяки рідкофазному окисненню показники ХСК в очищених стічних водах цих виробництв зменшуються у 20-25 разів.

Каталітичне окиснення в парогазовій фазі. Температура 374°C є критичною для води. При перевищенні цієї температури вода за будь-яким тиском перетворюється на пару. Такі умови створюються в робочій камері печі, де температура може сягати до 1000°C. Стічні води попросту спалюють у спеціальних печах. Органічні домішки стічних вод вигорають з утворенням продуктів повного згорання. Мінеральні домішки утворюють тверді або розплавлені часточки, що осідають у печі у вигляді шлаку або виносяться з димовими газами, які потребують ретельного очищення.

Застосування цього методу доцільне лише для знешкодження невеликої кількості стічних вод, що містять високотоксичні органічні домішки, вилучення яких звичайними методами неможливо або економічно не вигідно.

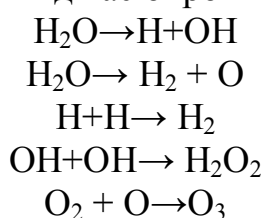
Доречно, щоб рідкі відходи, що підлягають спаленню, містили горючі домішки. Температуру «згорання» рідких відходів можна значно знизити (до 300-500°C) завдяки застосуванню каталізаторів. Каталітичне очищення стічних вод здійснюється у випарних апаратах, де міститься каталізатор. Як каталізatori використовують хроміти та кобальтиди міді, нікель-алюмінієві, нікель-хромові та цинкохромові сполуки.

З випарного апарату парогазову суміш направляють на охолодження, конденсат використовують у виробництві. Тверді залишки переробляють або захороняють.

Каталітичне окиснення застосовують для знешкодження висококонцентрованих стічних вод з ХСК 20000 мг/дм³ і більше, які містять суміш органічних речовин, таких як: масляний альдегід, акролеїн, ацетон, бензол, феноли, спирти та інші органічні штучно синтезовані сполуки.

Ступінь очищення стічних вод каталітичним очищенням становить 99,9 %.

Радіаційні методи очистки. Можливість застосування радіаційного випромінювання для обробки води базується на перебігу перетворень, що відбуваються з молекулами води від час опромінювання:



Органічні сполуки, що знаходяться у розчиненому стані, під впливом опромінення розкладаються до води, вуглекислого газу та інших простих окислів.

Радіаційні методи в галузі охорони вод застосовуються нині в експериментальному порядку у таких напрямках:

- радіаційна обробка поверхневих вод під час водопідготовки питної води;
- радіаційна очистка виробничих стічних вод;
- радіаційна обробка осадів, що утворюються при очищенні стічних вод.

При застосуванні радіаційних методів важливо не допустити виникнення у воді, що оброблюється, наведеної радіоактивності. Тому для радіаційних методів очистки використовують апарати іонізуючого випромінювання невеликої потужності 0,2-10 МеВ. Для цього використовуються низько-енергетичні прискорювачі електронів, рентгенівські апарати, гамма-випромінювачі.

Радіаційне опромінення води з поверхневих джерел дає комплексний ефект очищення: знебарвлення, усунення запахів, присмаків, знезараження. Добрі результати при очищенні виробничих стічних вод дають комбіновані методи, коли поряд з радіаційною обробкою застосовуються інші фізико-хімічні методи очистки: аерація (повітрям, киснем, озоном), коагуляція, флотація, адсорбція. Комбіновані методи суттєво підвищують ефективність очистки і знижують її собівартість. Таким методам очистки піддаються стічні води нафтопереробних заводів, текстильних фабрик, виробництв полімерів, ПАР, інших продуктів органічного синтезу і навіть стічні води птахофабрик та тваринницьких комплексів.

4. Глибока очистка (доочистка) стічних вод

Якщо споруди біологічної очистки не забезпечують очищення стічних вод згідно з нормативами ГДС або з вимогами «Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами», влаштовується додаткова, більш глибока очистка (доочистка), яка надає очищеним стічним водам склад та властивості, притаманні природним водам. До споруд глибокої очистки відносяться *біологічні ставки*, які являють собою розташовані каскадом невеличкі загати глибиною 1-3 м. Біологічні ставки мають не менше двох паралельних секцій з трьома і більше ступенями каскаду. Співвідношення довжини ставка до його ширини не менш 20. Біологічні ставки слід будувати на нефільтруючих або слабо-фільтруючих ґрунтах чи здійснювати протифільтраційні заходи.

Підвищенню глибини очистки стічних вод і зниженню вмісту в них сполук азоту і фосфору сприяє вища водяна рослинність, яка розростається в біологічних ставках. Таким же чином вища водяна рослинність, що розростається вздовж берегів та по перетину водотоків сприяє самоочищенню природних вод, тобто доочищенню стічних вод, що скидаються. Такі угруповання водяної рослинності отримали назви берегові та руслові біоплато (рис. 4.27; 4.28).



Рис. 4.27 – Берегове біоплато



Рис. 4.28 – Руслове біоплато

Для перехоплення нафтопродуктів та інших плаваючих домішок влаштовують *наплавні* біоплато, які являють собою сітку, зплетену з пластмасового жгута, в вічкі якої занурені водорості з плаваючою корневою системою. Сітки закріплюються у береги каналу, по якому скидаються стічні води (рис. 4.28). Ширина наплавного біоплато зазвичай 1,5-2,0 м. Встановлюють одне чи паралельно декілька наплавних біоплато.



Рис. 4.29 – Наплавне біоплато

Вживати в їжу рибу, що розводиться в біологічних ставках, можна лише при відповідному дозволі органів санепідемнагляду.

В останні роки набувають поширення для доочистки стічних вод – біоплато. В залежності від необхідної ступені додаткової очистки стічних вод можливо застосування як усього комплексу біоплато, так і окремо поверхневих біоплато, в тому числі природних болотистих ділянок, що включаються до складу очисних споруд.

5. Загальноміські очисні споруди

Системою водовідведення міські стічні води подаються на загальноміські очисні споруди (рис. 4.30). Якщо дозволяє продуктивність цих споруд, сюди цілком або частково надходить поверхневий стік з міської території.

До складу загальноміських очисних споруд входять споруди механічної очистки, споруди біологічної очистки з ділянкою обробки мулових осадів та, при необхідності, споруди глибокої доочистки стічних вод.

Загальноміські очисні споруди розташовуються за околицею міста і мають санітарно-захисну зону від 150 до 500 м залежно від продуктивності. При розташуванні загальноміських споруд слід передбачати вільну територію для їх подальшого розвитку одночасно або випереджаючи розвиток міста.

Умови скиду стічних вод у водний об'єкт здійснюються згідно з нормативами ГДС.

Скид стічних вод у міську каналізацію відбувається згідно з «Правилами приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України» (2002 р.). Згідно з цими Правилами, скид виробничих стічних вод у каналізаційну мережу здійснюється за таких умов:

1. Захист каналізаційної мережі від замулення та руйнування.
2. Забезпечення стабільного перебігу біологічної очистки на загальноміських очисних спорудах.
3. Можливості дотримання нормативів ГДС при скиді до водного об'єкту стічних вод, що пройшли очистку на загальноміських очисних спорудах.
4. Обмеження вмісту важких металів у висушених мулових осадках при їх використанні як органічні добрива.

З метою збереження цілісності, пропускної спроможності та безпеки каналізаційних споруд забороняється скид до систем водовідведення стічних вод, що містять:

- кислоти та лужні речовини, і речовини, що мають рН нижче 6,5 або вище 9,0;
- горючі та вибухонебезпечні газоподібні речовини;
- сипучі матеріали, що замулюють та захаращують каналізаційні колектори, а також жири, смоли, дріжджі тощо.

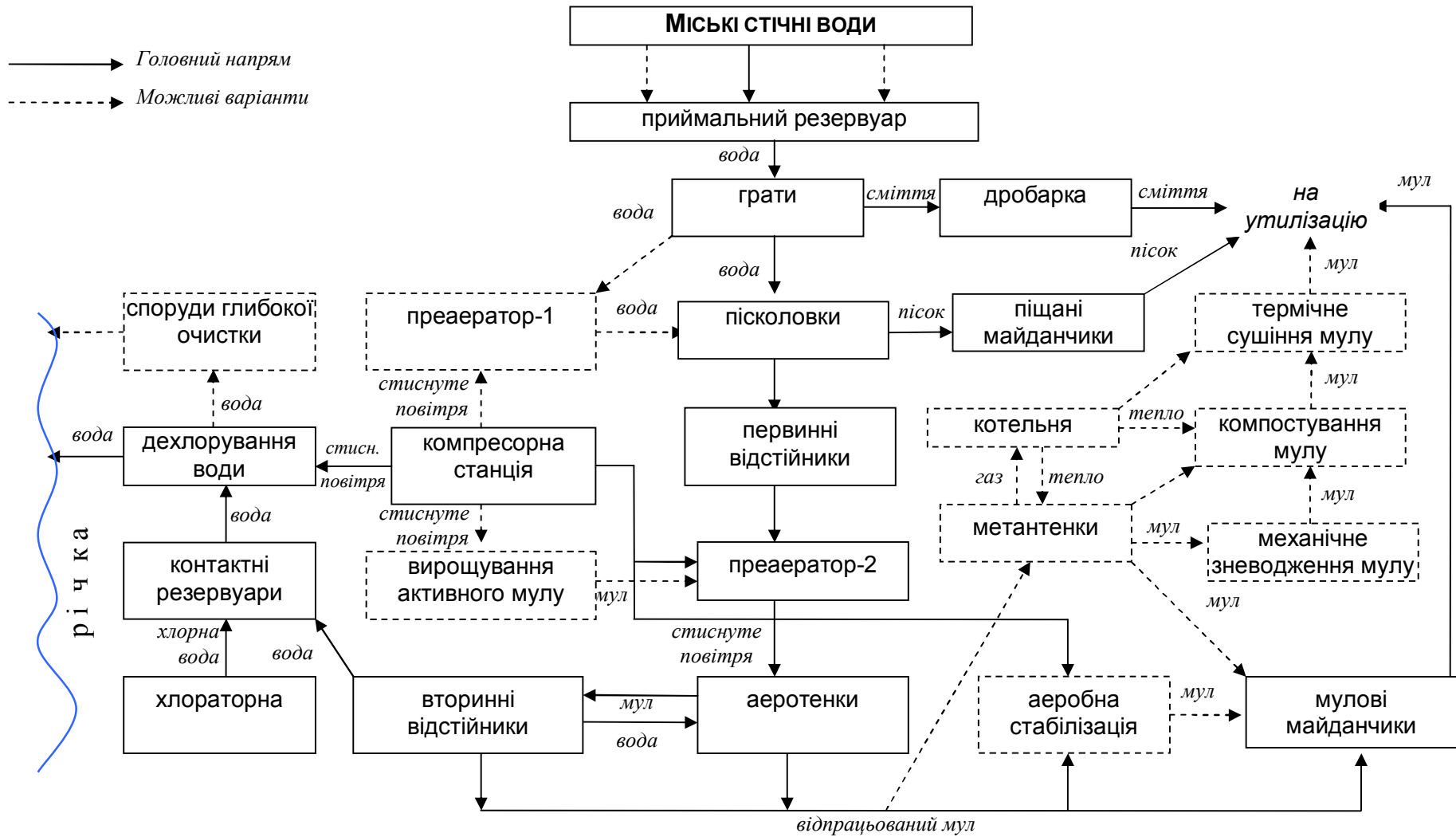


Рис. 4.30 – Загальноміські очисні споруди

Для гарантії досягнення встановлених нормативів ГДС при скиді стічних вод після очищення їх на загальноміських очисних спорудах заборонено скид до каналізаційних мереж стічних вод, що містять:

- концентровані регенераційні, маточні та кубові розчини;
- радіоактивні, токсичні штучно синтезовані органічні сполуки, які не піддаються біологічному розкладу;
- речовини для яких не встановлені ГДК для воли водних об'єктів.

Встановлені такі обмеження на скид до каналізації:	
завислих речовин	не більше 500мг/л
нафти та нафтопродуктів	не більше 20мг/л
жирів	не більше 50 мг/л
хлоридів	не більше 350 мг/л
сульфатів	не більше 400 мг/л
сульфідів	не більше 1,5 мг/л
ПАР	не більше 20 мг/л

Заборонено скид до каналізації також стічних вод, що містять надмірні концентрації металів. Рекомендовані обмеження концентрацій іонів металів та деяких інших елементів в стічних водах (мг/л): алюміній – 5; залізо (загальне) – 2,5; кадмій – 0,01; кобальт – 1; мідь – 0,5; миш'як – 0,1; нікель – 0,5; ртуть – 0,005; свинець – 0,1; титан – 0,1; хром (тривалентний) – 2,5; хром (шестивалентний) – 0,1; цинк – 1,0.

„Правилами...” рекомендована методика розрахунків допустимих концентрацій (ДК) речовин, які містяться у виробничих стічних водах, що підлягають скиду до каналізаційної мережі.

Проте в кожному місті (населеному пункті) стан загальноміських очисних споруд, кількість та склад виробничих стічних вод дуже відрізняються і мають свої особливості, в тому числі щодо умов скиду очищених стічних вод до водного об'єкту.

Тому місцеві Водоканали (чи інші установи, що експлуатують міську мережу водовідведення і загальноміські очисні споруди) встановлюють власні умови прийому виробничих стічних вод до міської каналізації. Ці умови, затверджені місцевими органами влади, є обов'язковими для виконання усіма абонентами каналізаційної мережі.

Місцеві умови водовідведення мають вигляд таблиць, де вказані граничні концентрації (ГК) речовин, які не повинні перевищуватися у стічних водах, що підлягають скиду в каналізацію.

Плата за прийом стічних вод до міської каналізаційної мережі встановлюється і здійснюється за місцевими умовами водовідведення. Ця плата становить основну складову бюджету Водоканалів.

6. Очисні споруди малих населених пунктів

Створення у малих населених пунктах підприємств і багатоповерхових житлових та громадських будинків потребує одночасного, а точніше, попереджувального вирішення питань водовідведення і очистки стічних вод.

Враховуючи порівняно невеликі обсяги стічних вод, очисні споруди, що створювалися в малих населених пунктах, були орієнтовані на застосування біофільтрів з вторинними відстійниками та муловими майданчиками і на устаткування заводського виробництва, так звані КУ (компактні установки) з примусовою аерацією, які випускалися продуктивністю від 12 до 700 м³/добу. Термін експлуатації таких очисних споруд, як правило, не перевищує 15 років, після чого вони потребують реконструкції або заміни. Експлуатація очисних споруд потребує кваліфікованого персоналу та постійних витрат електроенергії. Перебої з подачею електроенергії, недбала експлуатація, відсутність своєчасного ремонту окремих частин очисних споруд призвели майже повсюди до їх повного руйнування.

В малих населених пунктах, де очисні споруди вийшли з ладу, стічні води по системам водовідведення або за рельєфом потрапляють в пониження місцевості, утворюючи ставки-накопичувачі, які являють собою значну небезпеку для довкілля. Нечистоти з багатоповерхівок стікаються до вигрібних ям, відкіля їх видаляють асенізаційними машинами. Наявність вигрібних ям в будинках або в житлових кварталах дуже несприятливо впливає на санітарний стан населених пунктів.

В багатьох країнах з середини XX століття для очищення стічних вод малих населених пунктів набули поширення очисні споруди фітотехнології, в яких вдало об'єднані процеси біологічної очистки з природною аерацією і процеси самоочищення вод. Такі очисні споруди мають назви: біоплато, біоінженерні споруди, ботанічні майданчики, Constructed wetland, Reed bed, Artificial wetland, тощо.

Біоплато (рис. 4.31) складається з одного або декількох фільтраційних та поверхневих блоків, розташованих за ухилом місцевості таким чином, щоб забезпечити самопливний перетік води, що очищається, з одного блоку до іншого.

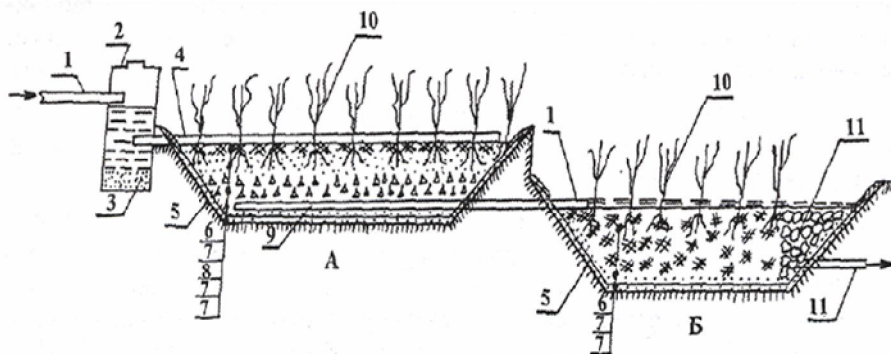


Рис. 4.31 – Схема біоплато

А – фільтраційне біоплато; Б – поверхнєве біоплато.

- 1 – подача води на очищення; 2 – відстійник; 3 – осад; 4 – розподільний трубопровід;
5 – протифільтраційний екран; 6 – рослинний ґрунт; 7 – пісок; 8 – щебінь; 9 – дренаж;
10 – вища водна рослинність; 11 – кам'яне накидання; 12 – очищена вода.*

Фільтраційний блок біоплато, схожий за конструкцією та функціонально з біофільтром, являє собою земляну ємкість, яка завантажується щебенем, гравієм, піском або іншим фільтруючим матеріалом шаром загальною товщиною 0,6-0,7 м.

На проникливих підгрунтях ця земляна ємкість облаштовується протифільтраційним екраном з поліетиленової плівки або м'ятої глини. Вода, що очищається, подається на поверхню фільтраційного блоку, проходить крізь фільтруюче завантаження, що обросло біоплівкою, і за допомогою дренажної труби потрапляє на наступний фільтраційний або поверхневий блок біоплато.

Поверхневий блок біоплато – це спланована за ухилом місцевості, витягнута у довжину ділянка, засаджена вищою водяною рослинністю. Як поверхнєве біоплато може бути використана природна болотиста ділянка, що включена до складу очисних споруд.

Склад стічних вод, що поступають на біоплато після попередньої очистки, не повинен перевищувати по БСК₅ – 400 мг/л, по завислих речовинах – 150 мг/л.

Очищення стічних вод на спорудах біоплато відбувається завдяки:

- фільтрації крізь пористе завантаження;
- життєдіяльності мікроорганізмів біоплівки, яка формується на поверхні фільтруючого матеріалу та занурених у воду стебелінах рослин (перифітон);
- детриту, шар якого утворюється по дну блоків з відмерлих рослин та мікроорганізмів;
- водоростям та кореневій системі вищої водяної рослинності, що розростається як на поверхневих блоках, так і на фільтраційних.

Фільтруюче завантаження забезпечує видалення з води найдрібніших частинок, що залишилися після проходження механічної очистки.

Мікроорганізми біоплівки, перифітону та детриту забезпечують деструкцію органічних сполук, включаючи нафтопродукти.

Водорості та коренева система вищої водяної рослинності поглинають сполуки азоту і фосфору, розчинені мінеральні речовини, іони металів з утворенням комплексних сполук, що не розчиняються у воді.

Угруповання грибкових, що розповсюджені в детриті, виділяють у воду речовини, токсичні для хвороботворних мікроорганізмів, що забезпечує знезараження води.

Загальний час проходження крізь споруди біоплато стічних вод становить від 4 до 10 діб. Для забезпечення повільної течії води очисні споруди біоплато мають ухил дна – 0,005.

Ефективність очистки стічних вод на біоплато становить по БСК_{повн} – 98%, завислих речовинах – 95%, сполуках азоту – 70%, сполуках фосфору – 60%, нафтопродуктах – 99%, фенолах – 95%, патогенних мікроорганізмах – 99,8%, мінеральних солях – 15%, роданідах, ціанідах, іонах металів – 30%.

Для висадження на біоплато використовують місцеві види вищої водяної рослинності: очерет (*Phragmites Trin*), рогіз (*Typha L.*), комиш (*Scirpus L.*), лепеху (*Acorus L.*), осоку (*Carex L.*) тощо.

Кращий період пересадження рослин на біоплато з найближчої болотистої ділянки – квітень-травень, але пересадження можна робити до самого жовтня.

Оптимальна щільність при висадженні вищої водяної рослинності становить 10-12 стеблин на 1 м². Рослини, висаджені у квітні – травні, набувають зрілості за 3-4 місяці, їх щільність сягає до декілька десятків стеблин на 1 м².

Можливо також висадження на біоплато деревно-чагарникової рослинності у вигляді верби (*Salix fragilix*), вільхи (*Alnus glutinosa*) зі щільністю 1 рослина на 2-3 м² та верболозу (*Salix Sp.*) зі щільністю 1-2 стебла на 1 м².

Вища водяна рослинність забезпечує ефективну дезодорацію стічних вод, що дозволяє значно скоротити розміри санітарно-захисної зони очисних споруд біоплато.

Поверхня біоплато повинна бути постійно заповнена водою на глибину 0,1-0,5 м. Узимку, при мінусових температурах повітря, глибина води підвищується на 0,5 м і після утворення крижаного покриву знов знижується до попереднього рівня. Утворений таким чином крижаний дах забезпечує підтримання температурного режиму, достатнього для здійснення процесів очистки.

Очисні споруди біоплато тривалий час працюють без капітального ремонту при мінімальній чисельності експлуатаційного персоналу.

Мініючисні споруди. У зв'язку з поширенням в останні роки котеджного та дачного будівництва набули розповсюдження мініспоруди для очистки невеликих обсягів господарсько-побутових стічних вод продуктивністю від 1 до 100 м³/добу і більше. Такі споруди здійснюють очистку стічних вод за принципом примусової аерації і об'єднують в одному блоці механічну та біологічну очистку, включаючи відокремлення крупних включень, завислих речовин, відпрацьованого активного мулу, а також знезараження очищених стічних вод за допомогою УФ - випромінювання.

Склад стічних вод, що пройшли очистку на міні-спорудах, повністю відповідає вимогам «Правил охорони поверхневих вод від забруднення». Особливістю конструкції міні-очисних споруд є повна автоматизація всього технологічного процесу очистки. Споруди виготовляються з міцних тривких матеріалів, що майже не зазнають корозії. Системи автоматичного регулювання технологічного процесу очистки, насосне та інше механічне обладнання відрізняються надійністю та довго-тривалістю. Фірми-виробники міні-очисних споруд забезпечують їх монтаж, наладку, поточний ремонт і експлуатацію.

Однією з проблем, що стримує широке впровадження міні-очисних споруд, є невизначеність відведення очищених стічних вод. Найбільш простим і реальним способом водовідведення очищених стічних вод є скид їх до поверхневих водних об'єктів. Але це потребує створення каналізаційної мережі і, у більшості випадків, установку і експлуатацію насосного обладнання, що призведе до суттєвого подорожчання очистки стічних вод. Більш дешевим способом водовідведення є скид очищених стічних вод у фільтруючі траншеї або колодязі з наступною фільтрацією до підземних горизонтів. Такий спосіб водовідведення можливо застосовувати при наявності проникливих ґрунтів і відсутності у зоні впливу джерел питного водопостачання – свердловин, колодязів. Зовсім неможливе застосування такого способу водовідведення в межах території населених пунктів, бо це приведе до підтоплення місцевості та погіршення умов місцевого водопостачання.

При експлуатації мініючисних споруд у теплий період року, очищені стічні води можна повністю використовувати на полив зелених насаджень.

7. Поводження з осадами, що утворюються при очищенні стічних вод

При різних засобах очищення стічних вод, як правило, утворюються осади. На відміну від стічних вод, які після очищення транспортуються по каналізаційній мережі, осади залишаються в очисних спорудах, потребують видалення і подальшого поведження з ними.

Обсяги осадів, що утворюються під час очищення стічних вод, сягають: при механічних методах очистки – 1-3 %, при фізико-хімічних – 0-2 %, при біологічних 1-2 % від витрати води, що очищається.

При утворенні, осади являють собою пульпу вологістю 97-98 %.

Головна мета поведження з осадами – перетворення їх у корисні продукти, вилучення з них речовин для подальшого використання або заховання (складування) з мінімальною шкодою для оточуючого середовища.

Першим етапом поведження з осадами є їх зневоднення. Для видалення вологи застосовуються механічні і теплові методи.

Механічні методи, що забезпечують видалення фізично зв'язаної води, це:

- відстоювання – дозволяє знизити вологість до 90 %;
- центрифугування або пресування – забезпечує зниження вологості до 65-70 %.

Подальше зниження вологості осадів досягається висушуванням в природних умовах або штучним чином.

Другий етап поведження з осадами – їх транспортування для утилізації або заховання. Автотранспортом перевозяться осади, зневоднені до вологості 70 %, що мають вигляд вологого піску.

Подальше поведження з осадами визначається їх складом і токсичністю.

7.1. Мулові осади

Мулові осади складаються з відпрацьованого мулу, який за допомогою мулососів видаляється з дна аеротенків та вторинних відстійників, а також надлишків активного мулу, що видаляється з аеротенків.

Загальний обсяг мулових осадів, що утворюється на спорудах біологічної очистки, становить до 2 % від обсягу стічних вод, що очищаються. До мулових осадів можуть додаватися мінеральні осади, що видаляються з первинних відстійників.

Вологість мулових осадів становить 97-98%.

Обробка мулових осадів відбувається на мулових майданчиках, в аеробних стабілізаторах та в метантенках.

Мулові майданчики влаштовуються на вирівняних ділянках з незначним ухилом (0,004-0,08) у вигляді окремих карт площею від 0,25 до 2 га, співвідношення ширини до довжини 1:2. При значних ухилах місцевості карти розташовуються каскадом. Карти огорожуються земляними валками заввишки 1,0-1,5 м, завширшки 0,7-2,0 м для проїзду автотранспорту.

У випадках, коли допускається фільтрація мулових вод в ґрунт та при рівнях ґрунтових вод більше 1,5 м, мулові майданчики будуються без протифільтраційного екрану. В інших випадках дно мулових майданчиків має асфальтобетонне покриття та дренаж. В залежності від пори року мулові осади перебувають на майданчиках декілька місяців. За цей час відбувається їх компостування та сушіння. Під час компостування мул позбавляється від хвороботворних мікроорганізмів, зокрема гельмінтів та їх яєць. Висушений

мул, якщо в ньому немає надмірного вмісту важких металів, використовується як органічне добриво.

Загальна площа мулових майданчиків, як правило, значно перевищує площу самих очисних споруд, тому на спорудах продуктивністю 50 тис. м³/добу і більше з метою пришвидшення обертів мулових майданчиків здійснюється попередня обробка мулових осадів в аеробних стабілізаторах та в метантенках.

Аеробні стабілізатори являють собою аеротенки, куди подаються надлишки активного мулу та відпрацьований мул. Протягом декількох діб (від 2 до 12 при температурі близької до 20°C) в ці аеротенки надходить стисле повітря без подачі стічних вод або інших носіїв живлення мікроорганізмів. За таких «голодних» умов активний мул окислює власну протоплазму та протоплазму відпрацьованого мулу. Оброблена таким чином мулова маса зменшується в об'ємі і швидше віддає воду під час витримки її на мулових майданчиках.

Метантенки – це споруди, призначені для анаеробного зброджування мулових осадів при підвищених температурах (33-53°C).

Метантенки застосовуються при продуктивності очисних споруд 100 тис. м³/добу і більше.

Метантенк являє собою герметичну циліндричну споруду, виготовлену з залізобетону або з цегли, з конусоподібним металевим дахом (рис. 4.32). Діаметр метантенка 3-4 м, співвідношення діаметру до висоти 0,8:1. Кількість метантенків на очисних спорудах – не менше двох.

Метантенки є апаратами періодичної дії. Після завантаження мулу у середину метантенка по трубах, що розташовані на дні та внутрішній поверхні циліндричної частини, подається гаряча вода. Можлива також подача в метантенки гострої пари. Процес анаеробного зброджування мулу триває 5-10 годин.

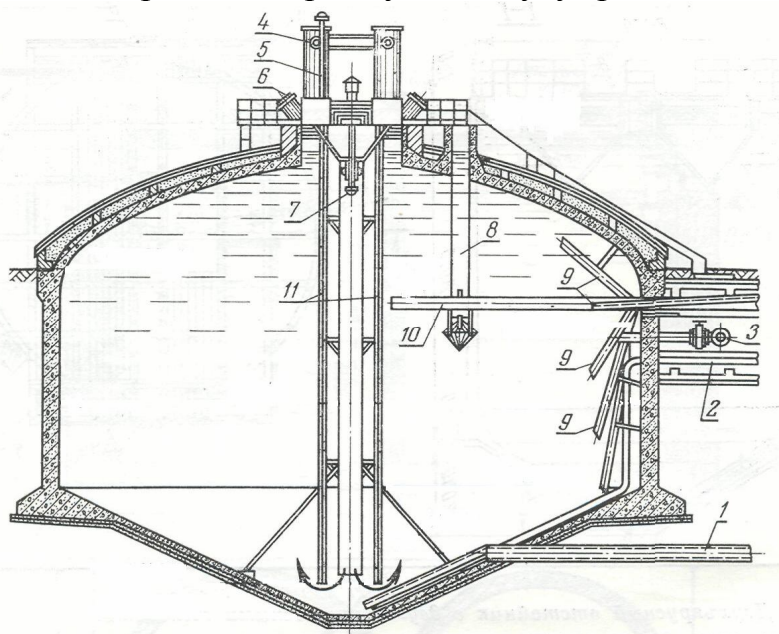


Рис. 4.32 – Метантенк

1 – трубопровід для випорожнення метантенка; 2 – трубопровід для вивантаження збродженого осаду; 3 – паровий інжектор; 4 – газопровід; 5 – труба для випуску газу до атмосфери; 6 – смотровий люк; 7 – пропелерний змішувач; 8 – переливна труба; 9 – трубопроводи для видалення мулової води; 10 – трубопровід для завантаження свіжого осаду й активного мулу; 11 – паропроводи.

Під час анаеробного зброджування здійснюється деструкція органічних речовин з видаленням метану, який накопичується у горловині конусоподібної частини метантенку і далі надходить до котельні на спалювання. Котельня забезпечує метантенки гарячою водою та паром.

За умови вибухобезпечності метантенки на 3/4 занурюються у землю.

Під час зброджування мулу на 2-3 % знижується його вологість і відповідно його об'єм. Оброблений мул легше віддає воду і тому більш здатний до висушування та механічного зневоднення. Механічне зневоднення мулових осадів застосовується на очисних спорудах продуктивністю 500 тис. м³/добу та більше.

Для механічного зневоднення мулу використовуються вакуум-фільтри, фільтрпреси, центрифуги (рис. 4.35, 4.36, 4.37). При механічному зневодненні вологість мулу зменшується до 80-85 %.

Звільнена мулова вода подається в голову споруд біологічної очистки.

Знезараження та дегельмінтизація зневоднених таким чином осадів відбувається в установках термічної обробки мулу при температурі до 60°C протягом 20 хвилин або в польових умовах шляхом складування зневодненого мулу в буртах заввишки 2,5-3,0 м на бетонних або асфальтових майданчиках. Тривалість природного компостування складає декілька місяців.

В останні роки на загальноміських очисних спорудах все частіше впроваджуються установки по виробництву з відпрацьованого мулу біогазу. Мул, що залишається після отримання біогазу, використовується як органічне добриво. При значних обсягах мулових осадів можливо після механічного зневоднення застосування термічної сушки, яка за декілька хвилин забезпечує зниження вологості мулу до 30-40 %. З такою вологістю мул направляється для використання як органічне добриво (рис. 4.33).

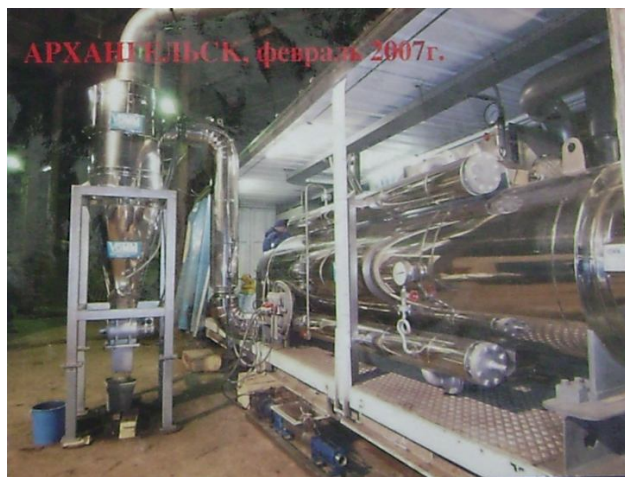


Рис. 4.33 – Апарат для термічного сушіння мулу



Рис. 4.34 – Установка по виробництву дизпалива з відпрацьованого мулу

В м. Харкові на Диканівських очисних спорудах розроблена технологія виробництва з осушеного мулу дизельного палива, яке за якістю відповідає вимогам існуючих стандартів.

7.2. Осади виробничих стічних вод

Під час деяких методів фізико-хімічної очистки виробничих стічних вод утворюються осади, які являють собою водні суспензії мінеральних і органічних речовин. Обсяг осадів при очищенні виробничих стічних вод іноді сягає до 3 % від витрат води, що оброблюється.

Осади, що утворилися, мають вологість 96-98%. Для подальшого поводження з ними перш за все треба їх зневодити, щоб забезпечити можливість обробки та транспортування.

Зневоднення осадів полягає у видаленні вільної та адсорбційно зв'язаної води.

Вільна вода видаляється за допомогою механічних методів зневоднення у відстійниках, на вакуум-фільтрах, фільтрпресах і центрифугах.

У відстійниках відбувається повільне гравітаційне розшарування рідкої і твердої фаз. Рідина, що спливла, подається у голову очисних споруд. Тверда фаза, що осіла у відстійнику, має вологість біля 90% і подається на подальше зневоднення на мулових (піскових) майданчиках, у вакуум-фільтрах (рис. 4.35, 4.36), фільтрпресах (рис. 4.37) або центрифугах (рис. 4.38).

Якщо згідно з хімічним складом осади можуть використовуватись як домішки у виробництві будівельних матеріалів, наприклад, в'язучих (цемент, гіпс, вапно), чи стінових (цегла, блоки, панелі), їх піддають термічній обробці з наступним помелом або гранулюванням.

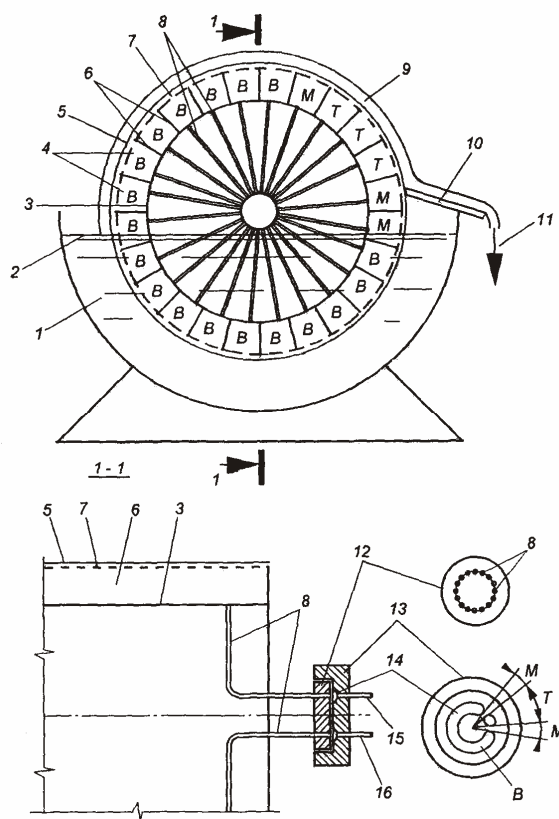


Рис. 4.35 – Схема барабанного вакуум-фільтра

1 - корито з осадом; 2 - рівень осаду в кориті; 3 - внутрішня суцільна стінка; 4 - секції барабана; 5 - фільтрувальна тканина; 6 - радіальні суцільні перегородки; 7 - зовнішня перфорована стінка; 8 - колектори; 9 - шар зневоднюваного осаду; 10 - ніж для зрізання кека; 11 - кек; 12 - внутрішня рухома головка; 13 - зовнішня нерухома головка; 14 - проріз; 15 - вакуумна лінія; 16 - лінія стисненого повітря; В - вакуум; Т - тиск; М - «мертва зона».

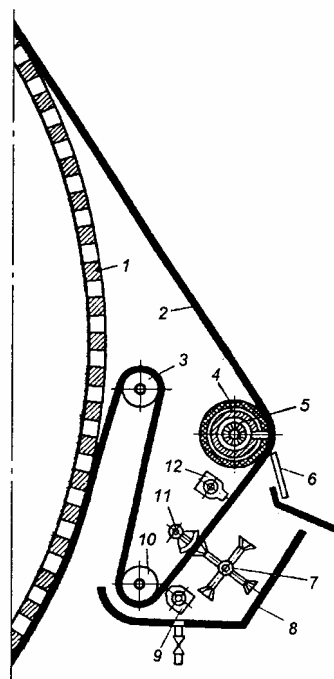


Рис. 4.36 – Схема регенераційного вузла вакуум-фільтра із сходячим полотном
 1 - барабан фільтра; 2 - фільтрувальна тканина; 3 - повертаючий ролик; 4 – віддувально-розвантажувальний ролик; 5 - повітропровід; 6 - ніж; 7 - щітки; 8 - жолоб промивної води;
 9, 12 - насадки; 10 - натяжний ролик; 11 - трубка із щілиною для промивання тканини.

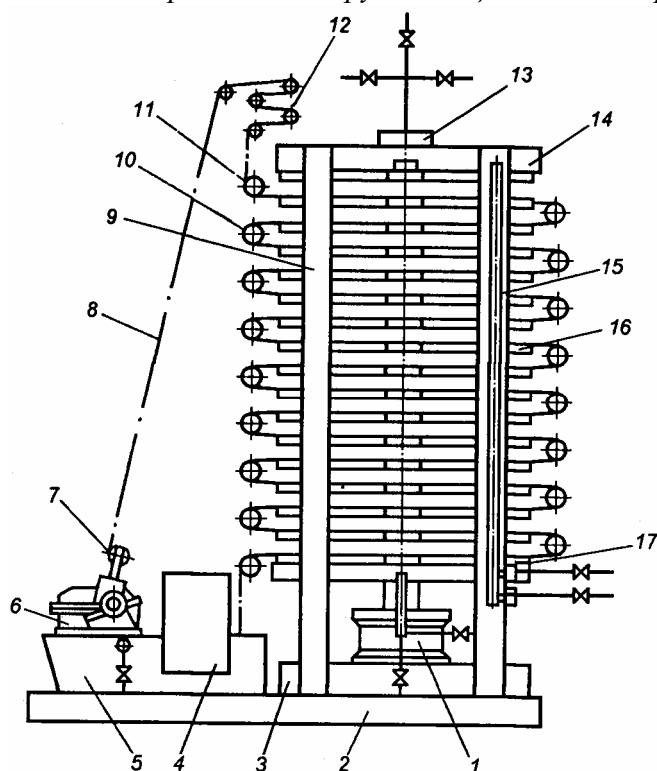


Рис. 4.37 – Схема фільтрпреса

1 - механізм гідро-затискування; 2 - рама; 3 - опорна плита; 4 - бункер для осаду; 5 - камера регенерації; 6 - привід пересування фільтрувальної тканини; 7 - ролик регулювання натягу фільтрувальної тканини; 8 - фільтрувальна тканина; 9 - направляюча; 10 - ролик тканини;
 11 - ролик верхній; 12 - натяжний пристрій; 13 - колектори; 14 - плита верхня опорна;
 15 - колектор тиску; 16 - плита фільтруюча; 17 - плита притискувальна.



а.



б.

Рис. 4.38 – Центрифуги

а). Центрифуга періодичної дії б). Центрифуга безперервної дії

8. Охорона вод при видобутку корисних копалин

Видобуток твердих корисних копалин в залежності від глибини їх залягання здійснюється двома способами: відкритим і шахтним. При глибині залягання до 500 м корисні копалини видобуваються відкритим способом шляхом утворення кар'єрів. При більшій глибині залягання корисних копалин застосовується шахтний метод видобутку.

Видобуток корисних копалин завжди пов'язаний з порушенням геологічного середовища, зокрема з перетинанням горизонтів підземних вод і «звільненням» підземного потоку. «Звільнені» підземні води заповнюють виробки, що утворилися при створенні шахт та кар'єрів.

Порушення підземних водоносних горизонтів при прокладанні шахт і розробці кар'єрів призводить з часом до практично повного зневоднення місцевості.

Одночасно з підземними водами до порожнини кар'єрів і шахт крізь тріщини та провалля, які виникають при проведенні гірничих робіт, надходять атмосферні опади та поверхневі води, що гідравлічно поєднані з підземними водами. Рівні та запаси підземних джерел водопостачання значно знижуються або зникають зовсім. Міліють та висихають поверхневі водні об'єкти.

Видобуток корисних копалин шахтним способом під водоймами та водотоками призводить до значного додаткового надходження води у виробки.

Якщо згідно з висновками гідрогеологічних вишукувань щільність і товщина кровлі (шар гірських порід між дном водного об'єкту і покладами корисних копалин) не забезпечують надійної гідроізоляції шахтної виробки, здійснюється відведення поверхневих водних об'єктів за межі гірничного відводу. Можлива також розробка покладів з залишенням у надрах частки корисних копалин, що розташована у зоні впливу поверхневого водного об'єкту. Таке рішення пов'язано з втратою певної частини корисних копалин, ускладненням гірничих робіт і експлуатації шахт.

При відкритому видобутку корисних копалин під час підготовчих робіт здійснюється осушення території з застосуванням вертикального та горизонтального дренажів, а також шляхом відведення водотоків, осушення озер та боліт, частковим викачуванням на поверхню підземних вод з

подальшим їх використанням. З метою перехоплення поверхневого стоку кар'єрне поле охоплюється мережею нагірних каналів.

Підземні та поверхневі води, що надходять до шахт і кар'єрів, перетворюються відповідно у шахтні та кар'єрні води. Вони відрізняються, як правило, підвищеною мінералізацією і мутністю. У зв'язку з тим, що в шахтах відсутні туалети, шахтні води мають також фекальне забруднення.

Обводнення та затоплення шахт і кар'єрів робить неможливим видобуток корисних копалин і є дуже небезпечним для гірничих робітників. Тому в шахтах і кар'єрах постійно діє водовідлив – примусова (за допомогою насосів) подача на земну поверхню вод, що надходять з порушених водоносних горизонтів. Таким чином з надр одночасно з видобутком корисних копалин видобуваються підземні води у вигляді шахтних та кар'єрних вод.

Система шахтного водовідливу складається з мережі водовідвідних рівчаків, водозбірників та насосного устаткування. Вода, що надходить до шахти, тобто шахтна вода, стікає рівчакми до водозбірників, розташованих у пониженнях шахтних виробок.

Водозбірники мають водопроникні перемички, які затримують завислі частинки і пропускають воду. У водозбірниках, що виконують роль відстійників, шахтна вода освітлюється, звільняючись від значної частини завислих речовин. Загальна ємність водозбірників відповідає нормальному прибутку шахтної води за 8 годин.

Видалення шламу з водозбірників здійснюється за допомогою грейферних ковшів або шламових насосів.

Для забезпечення надійного безперервного видалення шахтної води, що є однією з складових безпеки підземного персоналу, водовідлив має дві незалежні мережі. З цією ж метою насосне обладнання складається з трьох насосів: робочого та двох резервних. Під час підвищеного надходження шахтних вод одночасно працюють два насоси.

Сучасні шахти мають водовідливне устаткування, що автоматично вводиться в дію чи припиняє роботу в залежності від коливання рівня води в приймальному колодязі насосної установки.

Кар'єрний водовідлив за своєю схемою та конструкцією принципово не відрізняється від шахтного. Він складається з насосного устаткування, що забирає воду з порожнини кар'єру і подає її за межі території видобування корисних копалин.

Кар'єрні та шахтні води, що завдяки водовідливу можуть надходити до поверхневих водних об'єктів, забруднюють їх завислими, мінеральними та органічними речовинами, а також хвороботворними мікробами.

З метою зниження навантаження на поверхневі води шахтний водовідлив здійснюється з одночасним утворенням акваландшафтів – штучних водойм для накопичення шахтних та кар'єрних вод.

В цих водоймах здійснюється освітлення шахтних вод, їх природне самоочищення, в тому числі завдяки надходженню атмосферних осадів. З часом ці водойми штучно зариблюються, стають місцями відпочинку населення.

Головне при розташуванні водойм – накопичувачів шахтних та кар'єрних вод уникнути можливості зворотного надходження вод у виробки видобування корисних копалин.

Шахтна вода, що накопичується у водозбірниках, може частково використовуватися для зволоження повітря у забої з метою приборкання пилу.

У лавах зі значними надходженнями шахтних вод можлива організація видобутку вугілля чи інших «м'яких» корисних копалин за допомогою гідромеханізації. Руйнування породного пласту здійснюється водяним струменем, що надходить з сопла гідромонітора під значним тиском. Пульпа самопливом надходить до акумулюючої ємкості, звідкіля мулососами подається на збагачувальну фабрику. Освітлена вода знову подається до гідромоніторів. Видобуток корисних копалин за допомогою гідромеханізації здійснюється при повному кругообігу води з використанням шахтних і кар'єрних вод.

Гідромеханізація гірничих робіт особливо набула поширення при відкритому видобутку корисних копалин. Гідромеханізація застосовується під час розробки та видалення гірських порід, що розташовані понад пластами корисних копалин, та для видобутку самих копалин.

Вироблена порожнина кар'єру відділяється дамбою і заповнюється атмосферними та кар'єрними водами, перетворюючись згодом у природну водойму.

Але головним чином кар'єрні та шахтні води використовуються при збагаченні корисних копалин та транспортуванні відходів збагачення до шламонакопичувачів. Відходи збагачення являють собою пульпу з співвідношенням твердої та рідкої фаз, як 1:30. Від збагачувальних фабрик до шламонакопичувачів пульпа перекачується по трубах. В накопичувачах здійснюється розділення твердої та рідкої фаз. Рідина знову використовується в процесах збагачення корисних копалин та для транспортування відходів.

Перетинання підземних водоносних горизонтів при проходженні свердловин може призвести до потрапляння у підземні води по затрубному проміжку рідких вуглеводнів. Тому, по досягненні покладів вуглеводнів, негайно здійснюється цементування (тампонаж) затрубного проміжку аж до самого устя свердловини.

Пластові води, що надходять на поверхню разом з вуглеводневою сировиною, мають значні концентрації мінеральних солей та нафтопродуктів. Скид цих вод до поверхневих водних об'єктів неприпустимий. Найбільш прийнятним поводженням з такими водами є зворотна накачка їх до горизонтів залягання нафти та газу з метою підвищення пластового тиску і відповідного збільшення видобутку вуглеводнів.

Бурові розчини та інші відходи розбудови свердловин і видобутку нафти та газу складаються у контейнери з метою подальшого заховання.

Майданчики, на яких розташовані свердловини, огорожуються земляними валками, які у випадках аварій здатні обмежити розповсюдження нафтопродуктів по прилеглій території і не допустити потрапляння нафти до поверхневих водних об'єктів.

Видобуті газ та нафта містять певну кількість води та інших домішок, які перед транспортуванням вилучають з видобутої сировини. Ці відходи

закачуються у підземні горизонти разом з пластовими водами або складаються в природних пониззях, відокремлених дамбами, так званих амбарах. При необхідності в цих складовищах створюються протифільтраційні екрани.

Заходи з охорони морського середовища при видобутку нафти та газу на континентальному шельфі розглянуті у ЗМ 4.3 (3).

Пісок та гравій, потреба в яких дуже велика, видобуваються як на суходолі, так і з дна водотоків та водойм. Якість цих поширених будівельних матеріалів визначається в залежності від вмісту небажаних глинистих домішок. Тому при видобутку піску та гравію на суходолі, що здійснюється кар'єрним способом, організується їх промивка від глеюватих домішок. Для цього можуть використовуватися кар'єрні води. Видалені з видобутого матеріалу домішки осідають на дні кар'єру. Згодом кар'єри видобутку піску та гравію перетворюються на природні водойми.

При видобутку піску та гравію з дна водотоків та водойм додаткова промивка не потрібна. Але при такому способі видобутку виникає стійке забруднення водних об'єктів завислими речовинами, що шкодить нормальним умовам водокористування. Тому видобуток піску та гравію з водойм та водотоків здійснюється у виняткових випадках з метою поглиблення фарватеру на судноплавних водних об'єктах.

Для уникнення надмірного забруднення води в створах комунально-побутового водокористування, а також з метою захисту від забруднення нерестовищ та зимувальних ям, місця видобутку піску та гравію на водних об'єктах тимчасово відокремлюються шпунтовою огорожею.

Контрольні питання до ЗМ 4.1.

1. Як організована очистка стічних вод?
2. Призначення механічних методів очистки зворотних вод.
3. Як видаляються зі стічних вод крупні включення?
4. Як видаляються зі стічних вод пісок та подібні домішки?
5. Призначення первинних відстійників.
6. Конструкції первинних відстійників.
7. Ефективність первинних відстійників.
8. Як працює нафтоуловлювач?
9. Що таке септик?
10. Як працюють освітлювачі-перегнювачі?
11. Споруди для очищення поверхневого стоку.
12. Для чого потрібна біологічна очистка стічних вод?
13. Вимоги до складу стічних вод, що надходять на біологічну очистку.
14. Процеси нітріфікації-денітріфікації в біологічній очистці стічних вод.
15. Як поділяються засоби біологічної очистки за способом аерації?
16. Поля асенізації.
17. Поля фільтрації.
18. Поля зрошення.
19. Піщано-гравійні фільтри.
20. Фільтруючі траншеї.
21. Фільтруючі колодязі.
22. Біофільтри.
23. Аерофільтри.

24. Циркуляційні окислювальні канали (ЦОК).
25. Аеротенки.
26. Аеротенки-стабілізатори.
27. Преаератори.
28. Вторинні відстійники.
29. Знезараження стічних вод.
30. Як відбувається скид стічних вод, що пройшли хлорування?
31. Як утворюються мулові осади?
32. В чому полягає обробка мулу?
33. Метантенки.
34. Аеробні стабілізатори.
35. Мулові майданчики.
36. Механічне зневоднення мулу.
37. Термічна обробка мулу.
38. Використання мулу.
39. Схема загальноміських очисних споруд.
40. Міні очисні споруди.
41. Біоплато.
42. Для чого потрібна глибока очистка (доочистка) стічних вод?
43. Біологічні ставки.
44. Технічне водопостачання.
45. Норми водопостачання і водовідведення у промисловості.
46. Скид виробничих стічних вод.
47. Фізико – хімічна очистка стічних вод.
48. Фільтрування.
49. Мембранні методи очистки.
50. Реагентна обробка води.
51. Нейтралізація.
52. Коагуляція і флокуляція.
53. Флотація.
54. Дегазація.
55. Адсорбція.
56. Іонний обмін.
57. Виморожування.
58. Випаровування, випарювання, дистиляція, ректифікація.
59. Екстракція і евапорація.
60. Електрохімічні методи очищення.
61. Окисно-відновні методи очистки.
62. Термоокислювальні методи очистки.
63. Радіаційні методи очистки.
64. Осади, що утворюються при фізико-хімічному очищенні стічних вод, та методи їх обробки.
65. Вплив видобутку корисних копалин на стані підземних та поверхневих вод.
66. Утворення та склад шахтних і кар'єрних вод. Водовідлив.
67. Очистка та використання шахтних та кар'єрних вод.
68. Водовідведення при збагаченні корисних копалин. Складування відходів збагачення.
69. Видобуток піску та гравію з дна річок та водойм.

ЗМ 4.2. Очистка вод у сільській місцевості

Джерелами забруднення поверхневих водних об'єктів у сільській місцевості є:

- поверхневий стік з сільськогосподарських угідь, з яким у водні об'єкти потрапляють продукти ерозії ґрунтів (завислі речовини), залишки добрив і отрутохімікатів;
- надлишки зрошувальних вод, що містять такі ж забруднювачі, як і поверхневий стік;
- розташовані на водозборі гноєсховища, склади отрутохімікатів, мінеральних добрив та пально-мастильних матеріалів, літні табори худоби;
- скид неочищених побутових стічних вод та стічних вод окремо розташованих підприємств з переробки сільгосппродукції;
- стік фільтрату зі звалищ побутових відходів.

Захист водних об'єктів від забруднення у сільській місцевості забезпечується, головним чином, двома засобами: створенням прибережних водоохоронних зон і очисткою стічних вод з застосуванням найпростіших очисних споруд типу біоплато. Такі ж самі споруди забезпечують очищення фільтрату, що надходить зі звалищ побутових відходів.

1. Прибережні водоохоронні зони

Водоохоронна зона – це спеціально впорядкована територія вздовж берегів водотоків і водойм, яка призначена для охорони вод від забруднення та засмічення поверхневим стоком, що надходить з площі водозбору.

Визначення водоохоронних зон в межах міст та населених пунктів і в сільській місцевості суттєво відрізняється. На урбанізованих територіях водоохоронні зони встановлюються з урахуванням конкретних умов, що склалися під час місто-утворення, і позначаються на генпланах міст та населених пунктів. За межами населених міст розміри водоохоронних зон та їх облаштування визначаються за спеціально розробленими проектами.

На незабудованих територіях водоохоронна зона охоплює площу активного збігу поверхневого стоку, тобто ту частину водозбору, де стає помітною водна ерозія, яка виникає внаслідок певної швидкості поверхневого стоку. Верхня межа прибережної водоохоронної зони пролягає по умовній лінії, з якої починається водна ерозія ґрунту. Це залежить від кута схилу поверхні, типу ґрунтів, наявності рослинності. Нижньою межею вважається уріз води.

У ярах та балках для перехоплення поверхневого стоку споруджуються греблі. У створених таким чином ставках поверхневий стік позбавляється завислих речовин, відбувається деструкція присутніх в ньому пестицидів та мінеральних добрив. До наступної весни ці ставки поступово спорожнюються. Вода з них протягом вегетаційного періоду може використовуватися для зрошення.

Ділянки площ, які особливо здатні до ерозії, захищаються нагірними канавами, що перехоплюють поверхневий стік і відводять його до збудованих ставків. Відкриті ділянки засаджуються деревно-чагарниковою та трав'янистою рослинністю з добре розвиненою кореневою системою. Ця рослинність являє собою своєрідний фільтр, який уповільнює швидкість поверхневого стоку та очищає його.

Водоохоронна зона зменшує обсяги дощових і поталих вод, які потрапляють у поверхневі водні об'єкти, сприяє переводу поверхневого стоку у

підземні водоносні горизонти, що поповнює як підземні, так і поверхневі води, які, як правило, гідравлічно пов'язані між собою.

Водоохоронна зона є природоохоронною територією господарської діяльності, що регулюється у напрямку охорони водних об'єктів.

У межах водоохоронних зон забороняється:

- влаштування звалищ відходів та сміття;
- розміщення автозаправних станцій та складів пально-мастильних матеріалів;
- розміщення гноєсховищ, літніх таборів худоби;
- влаштування кладовищ та скотомогильників;
- скидання неочищених стічних вод у балки, кар'єри, пониззя місцевості;
- створення полів фільтрації, полів асенізації, накопичувачів рідких відходів;
- складування та використання отрутохімікатів та мінеральних добрив.

У межах водоохоронних зон безпосередньо вздовж урізу води по обидва береги річок та водойм виділяються прибережні захисні смуги, де встановлюються додаткові обмеження господарської діяльності.

Ширина прибережних захисних смуг встановлюється такою:

- для малих річок і струмків, а також ставків площею менше 3 га – 25 м;
- для середніх річок, водосховищ на них, водойм площею понад 3 га – 50 м;
- для великих річок, водосховищ на них та озер – 100 м.

Якщо крутизна схилів перевищує 3°, мінімальна ширина прибережної смуги подвоюється.

Класифікація річок та водойм наведена у таблицях 1.1 та 1.2.

У прибережних захисних смугах уздовж річок, навколо водойм та на островах забороняється:

- садівництво та городництво;
- розорювання земель, крім підготовки ґрунту для залуження і залісення;
- миття та обслуговування транспортних засобів і техніки.

У зоні санітарної охорони моря встановлюється прибережна захисна смуга, ширина якої уздовж узбережжя морів, заток і лиманів становить не менш 2 км від урізу води. Територія цієї смуги може використовуватися лише для будівництва лікувально-оздоровчих закладів з централізованим водопостачанням і каналізацією. У межах прибережної захисної смуги морського узбережжя забороняється створення споруд для приймання і знезаражування рідких відходів за винятком невеликих вигребів для накопичення господарсько-побутових стічних вод обсягом до 1 м³/добу. Тут також діють усі заборони та обмеження, встановлені для прибережних водоохоронних зон водотоків та водойм.

Верхні межі водоохоронних зон та прибережних захисних смуг повинні бути визначені на місцевості спеціальними щитами з вказівками про обмеження господарської діяльності.

Вздовж штучних водотоків – каналів, навколо гребель та інших гідротехнічних та гідрометричних споруд встановлюються смуги відведення. Вони призначені для експлуатації та захисту інженерних споруд від пошкодження і руйнування, а також для охорони вод від забруднення. В межах смуг відведення створюються водоохоронні лісонасадження, берегоукріплюючі

та протиерозійні споруди, виробничі приміщення. Розміри смуг відведення та режим користування ними встановлюється проектом.

На водних об'єктах, де здійснюється судноплавство, для його обслуговування встановлюються смуги водних шляхів. Тут розміщуються пристані, причали та інші споруди, а також знаки, що регулюють судноплавство.

Таким чином, водоохоронні зони та встановлений в них режим обмеження господарської діяльності стають надійним бар'єром на шляху забруднення водних об'єктів.

2. Охорона вод при зрошенні сільськогосподарських угідь

Охорона природних вод при зрошуванні полягає в наступному:

- дотримання витрат води на зрошення окремих сільськогосподарських культур згідно зі зрошувальними нормами;
- облаштування належним чином зрошувальних ділянок прибережними водоохоронними зонами і дотримання встановлених законодавством вимог щодо здійснення господарської діяльності в межах цих зон, а саме:
 - заборона використання пестицидів;
 - ліквідація кладовищ, скотомогильників, звалищ відходів, полів фільтрації, складів поливо-мастильних матеріалів та інших можливих джерел забруднення вод;
 - заборона скидання неочищених стічних вод за рельєфом місцевості.

3. Охорона вод на тваринницьких комплексах

Рідкі відходи, що утворилися на тваринницьких комплексах, практично не піддаються очищенню до нормативних вимог, тому скид їх до поверхневих водних об'єктів недопустимий. Такі відходи накопичуються у відстійниках, з наступним використанням для зрошення кормових угідь при відповідному розбавленні атмосферними водами, що накопичуються у спеціально облаштованих ставках. (див. розд. 3.2, стор. 84-86).

4. Рибогосподарські водні об'єкти

У раціоні людини їжа з риби та морепродуктів складає нині приблизно 10% від білкової продукції тваринного походження. До початку ХХ сторіччя цей показник для населення Російської держави був значно вищий і складав майже $\frac{3}{4}$. Це склалося історично і цьому сприяли такі чинники:

- наявність суттєво значної кількості риби в водоймах завдяки майже відсутності забруднення природних вод;
- відсутність гребель на річках, що не створювало перепон для розмноження анадромних, головним чином осетрових риб;
- відсутність холодильників для тривалого зберігання м'ясних продуктів.

Риба та рибні продукти заготовлялися та зберігалися у засоленому вигляді, причому до їжі йшла риба головним чином вищих гатунків, так звана красна та біла.

Головними постачальниками риби вищих гатунків були Каспійське, Азовське та Аральське моря.

Але з початком індустріалізації країни, зростаюча забрудненість поверхневих вод почала позначатися на зменшенні рибних ресурсів. Особливо відчутний удар по внутрішнім рибним ресурсам країни був нанесений у

середині XX сторіччя з початком масового будівництва гідроелектростанцій і одночасним розвитком зрошувального землеробства.

Будівництво першої гідроелектростанції на р. Волга – Волгоградської ГЕС призвело до зменшення запасів осетрових риб у Каспійському морі майже у 10 разів. Відповідно скоротилося виробництво чорної ікри. Рибопропускне устаткування, зроблене на Волгоградській греблі, в змозі було забезпечити прохід на нерест лише 5% стада осетрових. Решта була виловлена або загинула у нижньому б'єфі у перші 2-3 роки після перекриття Волги греблею. Зараз збереглася лише та частина стада осетрових Каспія, що здійснює нерест по р. Урал.

До початку розвитку рисівництва на Північному Кавказі Азовське море було одним з найрибо-продуктивніших водойм у світі. У середині XX сторіччя вилов риби становив 80т/га водної поверхні. Створення Цимлянського водосховища на р. Дон і Краснодарського водосховища на р. Кубань для зрошування рисових чеків зменшило потрапляння прісної річкової води в Азовське море приблизно на 30 %. Це призвело до зниження рівня Азовського моря на 50-60 см. Рівень Чорного моря опинився вище, ніж в Азовському, і чорноморська вода почала надходити до азовської акваторії. В наслідок цього солоність азовської води протягом декількох років підвищилася з 7-11‰ до 15-17‰, тобто стала такою, як і в Чорному морі. Це призвело до зникнення унікальної азовської іхтіофауни: осетрові, стерлядь, рибець та ін. На зміну їй прийшов чорноморський бичок, який панував в азовській акваторії майже десятиріччя. Протягом 10 років, виконуючі державні плани добичі риби, запаси бичка були буквально вичерпані. На зміну бичку прийшла чорноморська хамса, яка нині є основним представником іхтіофауни Азовського моря.

Третя за значенням рибо-продуктивна водойма дореволюційної Росії – Аральське море являє собою безстічне озеро, розташоване на півночі пустелі Кизилкум, на кордоні Казахстану та Узбекистану. Аральське море живиться стоком величезних річок Середньої Азії – Амудар'ї та Сирдар'ї. Завдяки інтенсивному випаровуванню його акваторія довгі часи зберігалася у певних межах. Але, починаючи з 50-х років минулого сторіччя, в наслідок розбирання стоку Амудар'ї і Сирдар'ї на зрошення бавовняних плантацій, надходження прісної річкової води до акваторії Аральського моря суттєво зменшилося. Згодом, на початку 80-х років XX сторіччя ці річки зовсім перестали доходити до морської акваторії. Рівень моря почав стрімко падати, а берегова лінія відступати в бік моря. Утворилася рукотворна Аральська пустеля, дихання якої відчувається над Західною Європою. Аральське море розпалося на три окремі водойми з гірко-солonoю водою, де майже не залишилося живих істот. Населення покинуло берега Арала, залишивши в пустелі портові споруди і кораблі.

Існує ряд проектів відновлення рибопродуктивності Азовського і Аральського морів. За змістом ці проекти більш нагадують нереальну фантастику, ніж інженерні рішення. За висновком самих розробників реалізація проектів відновлення загублених морів потребує величезних коштів і можливе не раніш, ніж через 80-150 років. Слід пам'ятати, що ці моря були повністю загублені як рибо-продуктивні водойми протягом 20-25 років.

Запаси осетрових Каспію зменшилися у 10 разів взагалі за 2-3 роки. Підраховано, що виробка електроенергії усіма дев'ятьма волзькими ГЕС ніяк

не компенсує втрати від зменшення виробництва чорної ікри в наслідок загибелі осетрових після побудови першої греблі на р. Волга.

Регулювання річкового стоку і створення великих штучних водойм – водосховищ докорінно змінило стан розвитку рибного господарства в Україні. За короткий час майже повністю змінився видовий склад рибного населення. На зміну проходним і напівпроходним видам риб прийшли менш цінні озерні риби.

Середній вилов риби по Україні становить 1,3 т/га водної поверхні. Більш висока продуктивність досягається при ставковому вирощуванні риби – 4 т/га. В Донбасі багато рибних ставків створено завдяки шахтному водовідливу. Успішно використовуються для риборозводження ставки-охолоджувачі ТЕС, де розмножуються високопродуктивні теплолюбні види риб, такі як білий амур, товстолобик, лобань та ін. Так, у водоймі-охолоджувачі Зміївської ТЕС на Харківщині одержують рибної продукції понад 1000 т з 1 га водної поверхні..

Значні збитки рибному господарству завдають скиди неочищених і недостатньо очищених стічних вод, відсутність на водозабірних та водопропускних спорудах рибозахисних пристроїв, браконьєрство.

5. Використання водних об'єктів для рекреації

Використання водних об'єктів населенням для купання, рибальства, інших видів відпочинку на воді відноситься до загального водокористування. Місцеві органи самоврядування облаштовують місця організованого відпочинку населення, маючи за мету безпечність перебування тут людей. Органи санепідемнагляду здійснюють контроль якості води водних об'єктів як в контрольних створах, так і в місцях рекреаційного водокористування.

В окремих випадках при значних витратах коштів на утримання пляжів місцевими органами самоврядування може бути встановлена плата за користування ними.

Контрольні питання до ЗМ 4.2.

1. Основні джерела забруднення водних об'єктів у сільській місцевості.
2. Захист водних об'єктів від забруднення у сільській місцевості.
3. Що таке прибережна водоохоронна зона і її призначення?
4. Межі та склад прибережної водоохоронної зони.
5. Режим господарської діяльності в межах прибережної водоохоронної зони.
6. Що таке прибережна захисна смуга, її призначення, розміри та розташування.
7. Смуги відведення по берегах водних об'єктів і їх призначення.
8. Охорона вод у зрошувальному землеробстві.
9. Охорона вод на тваринницьких комплексах.
10. Які відходи утворюються на тваринницьких комплексах і від чого залежать їх склад та обсяги?
11. Обробка відходів тваринницьких комплексів та їх використання.
12. Склад стічних вод тваринницьких комплексів, їх обробка і використання.
13. Втрати, що завдаються рибним ресурсам господарським засвоєнням поверхневих водних об'єктів.
14. Причини загибелі головного стада осетрових Каспія.
15. Втрата рибопродуктивності Азовським морем.
16. Ліквідація Аральського моря.
17. Сучасний стан і розвиток рибного господарства в Україні.
18. Рекреація на водних об'єктах.

ЗМ 4.3. Охорона морського середовища

Приблизно 3/4 поверхні планети становить морське середовище, де декілька мільйонів літ тому зародилося життя, яке згодом вийшло на суходол. Майже 1/3 кисню надходить до земної атмосфери завдяки життєдіяльності морського планктону. Біля 1/4 білкової продукції, що потребує людство, дає морське середовище. До 1/3 розвіданих покладів вуглеводневої сировини знаходиться на континентальному шельфі. Тут знайдені також великі поклади залізної руди, марганцю, титану, золота, алмазів та інших корисних копалин. Морська вода – це розчин практично усіх хімічних елементів, а такі речовини як дейтерій та тритій, з якими пов'язується енергетичне майбутнє людства, можна отримати тільки з моря. Світовий океан є транспортним шляхом, який з'єднує материки та окремі країни.

Морський простір не має фізичних кордонів. Особливістю морського середовища є те, що забруднення, які надходять до нього з різних джерел, вільно розповсюджуються по акваторії. Хоча значна кількість завислих домішок осідає на дно неподалеку від джерела їхнього надходження, плаваючі, а іноді і розчинені небезпечні речовини, досягають прибережних вод та узбережжя країн, далеких від джерела забруднення.

1. Правовий розподіл морської акваторії

Конвенція ООН з морського права, що прийнята 10 грудня 1982 року, і до якої приєдналася Україна з 3 червня 1999 року, визначає розподіл морського середовища на *внутрішні води держави, територіальне море* (12 морських миль), *виключну економічну зону* (200 морських миль з урахуванням кордонів) та *континентальний шельф* (200 морських миль з урахуванням кордонів шельфу між державами з протилежними або сумісними узбережжями, а також в залежності від морфології морського дна, але не більш 350 морських миль). Положення Конвенції регулюють делімітацію територіального моря, виключної економічної зони та континентального шельфу. Внутрішні води і територіальне море знаходяться під юрисдикцією певної держави. Іноземним судам надаються коридори для заходу в порти цієї держави і для проходу до відкритого моря.

Суверенна держава встановлює правила і норми дій у внутрішніх водах та в територіальному морі, зокрема іноземні судна без дозволу прибережної держави не мають права вести будь-які дослідницькі та гідрографічні роботи, рибальство, чинити навмисне забруднення морського середовища.

Для припинення дій суден-порушників можуть застосовуватися кораблі берегової охорони, діяльність яких поширюється на прилеглу зону шириною до 24 миль.

У виключній економічній зоні прибережна держава має суверенні права щодо:

- розвідки, розробки та використання мінеральних та біологічних ресурсів моря і морського дна;
- створення і використання штучних островів, установок і споруд;
- наукових досліджень;
- захисту і збереження морського середовища.

Ця діяльність не повинна перешкоджати іншим державам правомірне використання морського середовища, а саме: судноплавство, прокладку

підводних кабелів та трубопроводів, деякі інші види діяльності, погоджені з прибережною державою.

Прибережна держава приймає необхідні заходи для збереження та відновлення біологічних ресурсів виключної економічної зони шляхом регулювання обсягів вилову живих ресурсів, захисту морського середовища від забруднення, здійснення моніторингу в цих сферах.

Морські живі ресурси поділяються на: далеко мігруючі види, наприклад, вугрі, морські ссавці (кити, дельфіни та ін.), анадромні види – такі, що мігрують на нерест з моря до річок та катадромні, що, навпаки, йдуть на нерест з річок до моря, «сидячі» види, життя яких пов'язано переважно з перебуванням на морському дні.

Прибережні держави здійснюють свої суверенні права на виключну економічну зону шляхом огляду, інспекції, арешту і судового розгляду суден і екіпажу, що порушують ці права.

За межами виключної економічної зони простягається *відкрите море*. Відкрите море відкрите для всіх держав. Ніяка держава не має права претендувати на підпорядкування будь-якої частини відкритого моря своєму суверенітету.

Свобода відкритого моря означає свободу рибальства, судноплавства, польотів, прокладання підводних кабелів і трубопроводів, наукових досліджень, будівництва штучних островів і інших установок. Ця діяльність ні в якому разі не повинна зачіпати інтереси інших держав.

Рибальство у відкритому морі здійснюється на підставі міжнародних угод щодо квот та сезонів вилову риби та інших живих ресурсів, а також тимчасових заборон на вилов окремих видів живності з метою забезпечення їх відтворення.

Дно відкритого моря, всі тверді, рідкі і газоподібні мінеральні ресурси в надрах морського дна є загальною спадщиною людства. Мінеральні ресурси, що видобуті з морського дна як корисні копалини, стають власністю тих, хто їх видобув. Видобуток корисних копалин та інша господарська діяльність у відкритому морі здійснюється таким чином, щоб не зачепити суверенних інтересів прибережних держав внаслідок забруднення та завдання шкоди флорі і фауні морського середовища або виснаження в певній мірі запасів корисних копалин, родовища яких простягаються на континентальний шельф, що знаходиться під юрисдикцією цих держав. Якщо таке має місце, господарська діяльність у відкритому морі може здійснюватися на підставі відповідних угод між зацікавленими сторонами. Цими угодами зокрема регулюється гранична кількість видобутку корисних копалин особливо поліметалічних конкрецій, до складу яких входять нікель, мідь, кобальт, марганець та ін., таким чином, щоб уникнути падіння цін на світовому ринку та інших небажаних наслідків для світової економіки, а також в інтересах держав, що розвиваються.

Археологічні і історичні об'єкти, знайдені на морському дні у відкритому морі, зберігаються або використовуються на благо всього людства, притому перевага надається країнам культурного, історичного чи археологічного походження.

На представницьких міжнародних конференціях, які збираються, як правило, через 15 років після початку освоєння певних районів дна відкритого моря, з'ясовуються результати цієї господарської діяльності щодо досягнення первісних цілей господарювання, включаючи те, чи принесло воно користь усьому людству, здоровому розвитку світової економіки з особливим

урахуванням інтересів і потреб держав, що розвиваються. В разі необхідності вносяться відповідні корективи до господарської діяльності, що здійснюється у відкритому морі та на шельфі.

Всі держави зобов'язуються захищати і зберігати морське середовище від забруднення з будь-якого джерела, що знаходиться на суші, в атмосфері чи в морі, включаючи скиди в річки шкідливих речовин, скиди з суден, від установок, що використовуються під час розвідки та розробки надр морського дна, буріння, драгування, виймання ґрунту, видалення відходів, будівництва, експлуатації та технічного обслуговування установок, трубопроводів й інших пристроїв, пов'язаних з такою діяльністю. Особлива увага приділяється відверненню аварій і ліквідації їх наслідків. Це стосується як суден, так і плавучих та стаціонарних платформ, штучних островів тощо. Вживаються окремі заходи для захисту і збереження рідкісних або уразливих екосистем, а також природного середовища, видів риб та інших форм морських організмів, запаси яких виснажені. Шкода чи небезпека забруднення не повинна переноситися з одного району до іншого або перетворювати один вид забруднення на інший.

В усіх випадках забруднення чи неминучій небезпеці шкоди морському середовищу держава, якій це стало відомо, негайно повідомляє інші держави, що можуть зазнати такої шкоди, а також компетентні міжнародні організації. В цей же час вступають в дію розроблені заздалегідь плани надзвичайних заходів з припинення і локалізації забруднення та ліквідації наслідків аварії чи подібного інциденту. Плани заходів на випадок інцидентів передбачають узгоджені дії держав морського району та взаємодопомогу в ліквідації аварії та її наслідків, здійснення моніторингу за станом морського середовища. Здійснюється також постійний нагляд за будь-якою діяльністю з метою визначити, чи може така діяльність призвести до забруднення морського середовища.

Держави співробітничать у проведенні наукових досліджень щодо оцінки характеру і ступеня забруднення морського середовища, схильності до нього, шляхів його розповсюдження, ризику забруднення і засобів боротьби з ним, розробки норм, стандартів і процедур для відвернення, скорочення і збереження під контролем забруднення морського середовища. Здійснюються всебічні заходи щодо скорочення в максимально можливому ступені викиду токсичних, шкідливих або отруйних речовин, особливо стійких, у морське середовище. Ці заходи стосуються існуючих і можливих джерел забруднення, що знаходяться на суші, що пов'язані з діяльністю на морському дні, з похованням відходів, а також що утворюються на судах. Прибережні держави, враховуючи особливий стан морського середовища в певному районі, мають право встановлювати більш жорсткі норми та підвищені вимоги до судноплавства у територіальному морі та виключній економічній зоні, ніж загальноприйняті. Це робиться за погодженням компетентних міжнародних організацій і впродовж часу, достатнього для технічного виконання нових норм і вимог, але не менше 2,0-2,5 років.

Якщо доведено, що стан або обладнання судна, яке перебуває в порту будь-якої держави, не відповідає міжнародним нормам і стандартам і тим самим створює загрозу заподіяння шкоди морському середовищу, вихід такому

судну у море забороняється. Воно може лише перейти на найближчу підхожу судноремонтну верф для усунення встановлених порушень.

2. Охорона моря при судноплавстві

Морське середовище, що частково розподілене державними кордонами, визначеними лише на географічних картах, є загальним надбанням людства. Тому раціональне використання біологічних та мінеральних ресурсів морського середовища і захист його від забруднення є загальносвітовою проблемою, успішне вирішення якої можливо тільки спільними взаємо-узгодженими діями всіх країн як прибережних, так і континентальних.

Діяльність країн щодо використання та збереження морського середовища регулюються нормами міжнародного права – міжнародними конвенціями-угодами, які укладає між собою певна кількість країн, які турбуються тими чи іншими проблемами, що виникають. До цих угод мають можливість приєднатися інші країни. Як правило, ці угоди складені таким чином, що країни, які їх уклали та приєдналися до них, мають певні переваги, ніж ті країни, що не стали учасниками цих конвенцій.

Однією з перших міжнародних угод щодо захисту морського середовища від забруднення є «Конвенція про запобігання забруднення моря скидами відходів і інших матеріалів», що укладена в 1972 р. у Лондоні. Укладання цієї Конвенції було пов'язано з суттєвим погіршенням стану морського середовища в 60-ті роки ХХ сторіччя внаслідок значного збільшення морських пасажирських та вантажних перевезень, особливо нафти і нафтопродуктів. Значно зросла кількість рибальських суден.

На різке погіршення стану морського середовища за порівняно короткий час з 1947 по 1969 роки одним з перших гучно звернув увагу видатний норвезький мореплавець Тур Хейєрдал. Якщо у 1947 році під час першої подорожі на плоту «Кон-Тікі» він і його п'ятеро супутників милувалися величчю та бездоганною чистотою Тихого океану, то під час другої подорожі на парусному човні «Ра» в 1969 році океан здавався йому помийницею, поверхня якої майже суспіль вкрита плівкою та грудками нафти, на воді плавали шматки рибальських сіток та поплавців, пробки, пляшки та інше сміття. Голос Хейєрдала було почуто. П'ятдесят морських держав у 1972 році зібралися в Лондоні і уклали Конвенцію, яка визнала, що здатність моря асимілювати і знезаражувати скиди, а також відновлювати біологічні ресурси небезмежна. Негайно припинити погіршення стану морського середовища і його живих ресурсів можливо лише спільними зусиллями усіх держав світу.

Згідно з Конвенцією, було заборонено скид будь-яких відходів або інших шкідливих матеріалів в будь-якій формі чи стані. Але для деяких речовин і випадків зроблені винятки.

До речовин, скид яких не дозволяється ні в якому разі, відносяться: хлорорганічні сполуки; ртуть та її сполуки; кадмій та його сполуки; стійкі пластмаси та інші синтетичні матеріали, як, наприклад, рибальські сіті і троси; сира нафта, нафтове та дизельне пальне, мастила та інші суміші, що містять ці речовини; радіоактивні відходи та речовини з високим рівнем радіації за оцінкою компетентних організацій, а також матеріали в будь-якій формі, що призначені для ведення біологічної та хімічної війни.

Дозволяється скид у море речовин, які швидко знезаражуються завдяки фізичним, хімічним чи біологічним процесам у морі, не впливають на смак їстівних морських організмів, не загрожують здоров'ю людини або свійських тварин. Скид у море таких речовин здійснюється на підставі спеціального дозволу, що видається компетентними органами прибережної держави.

Під час підготовки та оформлення дозволу на скид речовин і матеріалів у морське середовище враховуються такі чинники:

- загальна кількість і середні показники складу скиду, наприклад, за рік;
- його стан: твердий, рідкий, газоподібний або у вигляді шламу;
- його властивості: фізичні (наприклад, розчинність та щільність), хімічні та біологічні (наприклад, споживання кисню, поживні речовини), біологічні (наприклад, наявність вірусів, бактерій, дріжджових мікробів, паразитів);
- токсичність;
- сталість: фізична, хімічна та біологічна, здатність до взаємодії з розчиненими у морській воді сполуками;
- накопичення та біотрансформація в морських рослинах і тваринах, в тому числі вірогідність впливу на споживчі якості морепродуктів, таких як: смак, забарвлення тощо;
- координати скиду, глибина, відстань до берега;
- вплив на зони відпочинку, зони розплодження, вирощування і вилову риби та інших морепродуктів;
- первісне розчинення, в тому числі при застосуванні розсіюючих випусків;
- вплив течій, припливів та вітру на горизонтальне та вертикальне змішування;
- склад морської води (рН, солоність, розчинений кисень, БСК, ХСК, органічний та мінеральний азот, в тому числі аміак, інші живильні речовини, завислі речовини, температура тощо);
- характеристика дна (топографія, геологія, геохімія, біологічна продуктивність);
- наявність та вплив поховань рідких та твердих відходів, які були зроблені раніше.

Заява на дозвіл скиду, оформлена належним чином і погоджена компетентним національним органом, заздалегідь надсилається до міжнародної організації, яка уповноважена здійснювати контроль за виконанням положень Конвенції, та до інших прибережних держав, на інтереси яких може вплинути скид, що відбувається.

Прибережна держава індивідуально або в співдружності з іншими державами та міжнародними організаціями здійснює контроль за станом морського середовища, обмінюючись між собою відповідною інформацією.

Виконуючи вимоги Лондонської Конвенції, всі морські держави протягом певного часу здійснили обладнання своїх суден ємкостями для збору і накопичення забруднених вод та сміття, що утворюються під час рейсу. В портах прибуття ці забруднення передаються з суден за певну плату на берегові очисні та переробні споруди. Це стосується, головним чином, вод, забруднених нафтою: баластних, підсланових, л'яльних.

Морські судна, які мають обладнання згідно з вимогами Лондонської Конвенції, отримують відповідний сертифікат. Захід у міжнародні порти суден, які не мають такого сертифікату, обмежений або зовсім заборонений.

Скид забруднених вод з суден у море, згідно з Конвенцією, можливо здійснити тільки в аварійних випадках, коли існує реальна загроза плавучості судна. Такий скид має назву – *ненавмисний*. Усякі інші скиди відносяться до навмисних. На судна, що здійснюють навмисні скиди, накладаються штрафи від декількох тисяч до декількох десятків тисяч американських доларів.

Спостереження за станом морського середовища у відкритому морі здійснюються з літаків та суден. Капітани повітряних та морських суден у разі виявлення на поверхні моря нафтових плям зобов'язані негайно повідомити міжнародний орган за наглядом дотримання Лондонської конвенції та відповідні органи найближчих країн, узбережжю яких може загрозовувати нафтове забруднення. У разі неповідомлення про інцидент, що стався у морі, на капітанів суден також можуть бути накладені штрафи до 1 тис. доларів.

Капітан судна, що здійснило ненавмисний або навмисний скид забруднень у море, повинен сприяти розслідуванню інциденту, що стався. У разі перешкоджання такому розслідуванню на нього також накладаються штрафні санкції.

Спостереження за станом моря в портах здійснює спеціальна служба, у розпорядженні якої знаходяться судна-санітари, що збирають з морської поверхні нафту та сміття.

При затриманні суден-порушників вимог Конвенції приймають участь військові судна державної прикордонної охорони.

Деякі судна мають на борту очисне устаткування, що забезпечує очистку та скид вод у море без будь-яких негативних наслідків. Так, великі океанські судна очищають стічні води машинних відділень за допомогою центрифуг, що видаляють з л'яльних вод нафту, а вода з незначною концентрацією нафти скидається у відкритому морі.

Новітні танкери великої тоннажності будуються з подвійною обшивкою. Простір між обшивками заповнюється «чистим» баластом, тобто заборотною водою.

Положення Лондонської конвенції неодноразово доповнювалися та розширювалися з метою вдосконалення та підвищення дієвості сумісних дій країн світу по захисту та збереженню морського середовища. Суворе дотримання вимог Лондонської конвенції, до якої приєдналися майже всі країни, що мають флот, за короткий час дало обнадійливі результати по усуненню та припиненню забруднення морського середовища нафтою, іншими шкідливими речовинами та сміттям. Таким чином була ліквідована загроза гибелі морського планктону як продуцента кисню для земної атмосфери.

3. Видобуток корисних копалин на континентальному шельфі

Заходи з охорони морського середовища при видобутку корисних копалин на континентальному шельфі регламентуються міжнародними угодами та стандартами, які є обов'язковими для усіх прибережних країн. Цими документами забороняється скид у море будь-яких відходів та матеріалів під час будівництва, облаштування та експлуатації свердловин та інших місць видобутку корисних копалин. Усі відходи та зайві матеріали доставляються на берег. При облаштуванні місць видобутку забезпечується їх герметичність та відокремлення від морського середовища. Поблизу місць видобутку корисних копалин морська вода не повинна мати нафтових плям і бути каламутною.

4. Захисна смуга морського узбережжя

З метою захисту прибережної частини моря, яка використовується головним чином для рекреації, по берегу встановлена прибережна водоохоронна зона завширшки 2 км. В межах цієї зони дозволяється розміщувати виключно об'єкти рекреаційної інфраструктури. Забороняється розміщення складів пально-мастильних матеріалів, інших токсичних речовин, будівництво сміттєзвалищ.

Скид очищених стічних вод у море здійснюється за допомогою глибоководних випусків, що прокладаються через захисну смугу.

5. Захист біологічних ресурсів моря

Забруднення поверхні моря нафтовою плівкою перешкоджає відтворенню рибних запасів, бо в житті кожної риби є мить, коли вона перетворюється з малька у дорослу особину. У цю мить вона підпливає до поверхні моря і робить єдиний у житті подих ротом, наповнюючи повітрям плавальний міхур. Наявність нафтової плівки перешкоджає цьому і мальок гине.

З метою захисту біологічних ресурсів моря прийнято чимало міжнародних угод. Ці угоди стосуються квотування вилову риби та морепродуктів, заборони полювання на китів та дельфінів, обмеження здобичі морських котиків та деяких інших морських тварин; про плантації з вирощування мідій та іншої білкової продукції.

6. Морські аварії

Припинення скиду в море забруднених вод та сміття з суден, дотримання вимог міжнародних угод і стандартів щодо морського видобутку корисних копалин та здобичі біологічних ресурсів моря, виконання правил захисту моря на прибережній частині суходолу за короткий час забезпечило покращення стану морського середовища і відтворення рибних запасів та морського звіра.

Єдиними суттєвим на сьогодні джерелом забруднення морського середовища залишаються аварії суден та морських платформ з видобутку нафти. Здійснюються заходи щодо попередження морських аварій. Впроваджується більш надійне навігаційне обладнання, будуються танкери з подвійною обшивкою.

Наприкінці 2005 року після аварії танкера «Престиж» у берегів Франції та Іспанії Європейський Союз заборонив перебування в територіальних водах та входження в порти країн ЄС танкерів старої конструкції.

При виникненні аварій на суднах чи морських платформах прибережні країни приймають консолідовані заходи щодо локалізації та ліквідації наслідків забруднення морського середовища і узбережжя. Ці заходи передбачають встановлення боювої огорожі нафтової плями, збирання нафти з поверхні суднами-санітарами, обробку залишків нафти детергентами-флокулянтами, що сприяють опусканню нафти у придонні шари, розчистку пляжів від нафти і дохлої риби та птахів.

Компанія, з вини якої трапилася аварія, відшкодовує постраждалим країнам збитки за забруднення природного середовища.

7. Охорона і використання Чорного моря

Загальна довжина морського узбережжя України складає 2780 км.

Україна як морська держава є повноправним учасником майже всіх конвенцій, що регулюють захист та використання морського середовища. Найбільш значущою для нашої країни є Конвенція про захист Чорного моря від забруднення, укладена в 1992 р. в м. Бухарест. В прийнятті цієї Конвенції Україна приймала участь як самостійна держава.

Країни-учасниці цієї Конвенції прийняли на себе зобов'язання скорочувати і зберігати під контролем забруднення моря з джерел, що перебувають на суші. Вони зобов'язалися вживати усі необхідні заходи для запобігання забруднення моря в результаті скидання небезпечних речовин до річок, каналів, водовипусків, інших споруд, крізь які стоки надходять до моря, а також для запобігання забруднення моря через викиди в атмосферу.

До небезпечних речовин віднесені:

- олово-органічні сполуки;
- органогалогенні сполуки типу ДДТ та інші інсектициди;
- стійкі фосфорорганічні сполуки;
- кадмій, ртуть, свинець та їх сполуки;
- стійкі речовини, які мають встановлені канцерогенні, тератогенні або мутагенні властивості;
- відпрацьовані мастила;
- стійкі синтетичні матеріали, що можуть плавати, тонути або залишатися у завислому стані;
- радіоактивні речовини і відходи, в тому числі відпрацьоване радіоактивне паливо.

Договірні сторони разом встановлюють економічні фонові концентрації перелічених вище речовин, в межах яких скид допустимий.

В Конвенції міститься перелік менш небезпечних речовин, які є не такими шкідливими або швидко знешкоджуються внаслідок природних процесів. До таких речовин віднесені:

- біоциди та їхні похідні, що не охоплені попереднім переліком;
- ціаніди, фториди і елементарний фосфор;
- патогенні мікроорганізми;
- детергенти та інші поверхнево-активні речовини, що піддаються біологічному розкладу;
- скиди охолоджувальних вод;
- неорганічний фосфор, азот, органічна речовина або інші поживні сполуки, а також речовини, що погано впливають на зміст кисню в морському середовищі;
- іони важких металів, а також селен, миш'як, сурма, барій, бор (в певних межах);
- сира нафта і вуглеводні будь-якого походження (в певних межах).

Дозволи на скидання стічних вод, що містять речовини, віднесені до менш небезпечних, видаються місцевими природоохоронними органами, враховуючи максимально допустимі концентрації речовин безпосередньо на скиді, а також допустимі обсяги скиду за певний період, враховуючи можливість змішування та розбавлення вод, що скидаються, з морською водою.

Виходячи з тексту цієї Конвенції, національні власті мають право видавати дозволи на скидання відходів, що містять небезпечні речовини, в межах власного територіального моря і виняткової економічної зони з врахуванням концентрацій складових речовин, токсичності та інших видів шкідливого впливу, акумуляції в морських рослинах та тваринах і в осадових шарах, здатність морського середовища поглинати відходи, що скидаються, без небажаних наслідків у вигляді біохімічної трансформації речовин з утворенням шкідливих сполук, зменшення вмісту кисню в морській воді, враження морських організмів, що вживаються людиною в їжу, забруднення місць купання та небажаного естетичного сприймання морської місцевості.

Документація про дозволи на скид відходів, що надані національними органами, надсилається Комісії по захисту морського середовища Чорного моря, що утворюється з представників держав-учасниць. Комісія на своїх засіданнях, що проводяться не рідше одного разу на рік, розглядає та ухвалює питання відповідно до цілей та завдань Конвенції.

Постійно діючим технічним та виконавчим органом Комісії є Секретаріат, який теж складається з представників причорноморських держав. Комісія розробляє критерії та рекомендації, сприяє встановленню нормативів, впровадженню заходів щодо запобігання забрудненню морського середовища, його скорочення, збереження під контролем та ліквідації наслідків забруднення. Комісія одержує, обробляє і розповсюджує відповідну наукову, технічну і статистичну інформацію, сприяє науково-технічним дослідженням.

Причорноморські країни в межах територіального моря і виняткової економічної зони здійснюють моніторинг морського середовища, включаючи нагляд за поведінкою похованих відходів, надсилають до Комісії та зацікавленим сторонам відповідну інформацію.

В разі виникнення надзвичайних ситуацій, що загрожують масштабним забрудненням морського середовища нафтою та іншими шкідливими речовинами, національні органи, що ведуть спостереження, чи капітани суден і літальних апаратів, які помітили цей надзвичайний випадок, негайно повідомляють про це Комісію та найближчі до місця аварії країни. У повідомленнях бажано надати таку інформацію:

- джерело забруднення та його стан;
- географічні координати та час виявлення інциденту;
- вид забруднюючих речовин, оцінка кількості та шкідливого впливу;
- будь-яку додаткову інформацію про інцидент.

Причорноморські країни приймають активну участь у зменшенні та спільному подоланні наслідків аварії. Винуватці несуть відповідальність за шкоду, заподіяну морському середовищу згідно з нормами міжнародного права, відшкодовують збитки та компенсують втрати, що понесли фізичні та юридичні особи внаслідок аварії.

Зберігаються, ясна річ, загальноприйняті згідно з чинними міжнародними нормами та стандартами заходи по захищенню моря від забруднення з суден. Конвенцією передбачені спільні дії причорноморських країн у надзвичайних ситуаціях з метою запобігання забрудненню морського середовища нафтою та іншими шкідливими речовинами, його скорочення і боротьба з його наслідками.

В районах, що знаходяться під юрисдикцією причорноморських країн, заборонено видалення відходів та інших матеріалів з суден чи літальних апаратів. Країни вживають належні заходи і співробітничать у запобіганні забрудненню, викликаного похованням відходів, його скороченню та здійсненню відповідного моніторингу.

Якщо загальне використання та охорона Чорного моря регламентується Бухарестською конвенцією 1992 р., то окремі питання щодо делімітації виключної морської економічної зони між Україною та Румунією ще мають бути врегульовані.

Ніякими угодами не регулюються стосунки між Україною та Росією щодо користування Азовським морем, яке з внутрішнього моря колишнього Радянського Союзу перетворилося у міжнародне море.

Контрольні питання до ЗМ 4.3

1. Яку роль відіграє Світовий океан у життєзабезпеченні людства?
2. Що таке конвенція?
3. З чим пов'язано укладання Лондонської конвенції з охорони моря, 1972 р.?
4. Які речовини заборонені до скиду в морське середовище?
5. Які речовини дозволяється скидати у море і при яких умовах?
6. Яка інформація потрібна для оформлення дозволу на скид у море?
7. В чому полягає оформлення дозволу на скид у море?
8. Види забруднень, що утворюються на судах.
9. Які технічні, правові, організаційні та економічні заходи передбачені Лондонською конвенцією щодо запобігання забруднення моря?
10. Як здійснюється спостереження за станом морського середовища?
11. Що таке «ненавмисний» скид?
12. Що таке «чистий» баласт?
13. Які наслідки має нафтове забруднення морського середовища?
14. Правові заходи щодо збереження біологічних ресурсів моря.
15. Правовий розподіл морського середовища.
16. Статус відкритого моря та його дна.
17. Взаємодія держав морського району у захисті довкілля.
18. Охорона морського середовища при видобутку корисних копалин на континентальному шельфі.
19. Прибережна водоохоронна зона морського узбережжя.
20. Які заходи сприяють зменшенню важких наслідків аварій морських суден?
21. Основні положення Конвенції про захист Чорного моря від забруднення.
22. Які проблеми користування Україною морським середовищем ще потребують врегулювання?

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Екологія міста: Учебник. / Под ред. Ф.В. Стольберга. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
2. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. / За ред. А.К. Запольського. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
3. Водне господарство в Україні. / За ред. А.В. Яцика, В.М. Хорева. – К.: Генеза, 2000. – 456 с.
4. В.Д. Романенко. Основи гідроекології. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.
5. Н.Н. Лапшев. Расчеты выпусков сточных вод. - М., Стройиздат, 1977. - 87 с.
6. И.Д. Родзиллер. Прогноз качества воды водоемов – приёмников сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984. – 263 с.
7. Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України (Наказ Держбуду України від 19 лютого 2002 р., № 37. – 40 с.
8. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Постанова КМУ від 25 березня 1999 р., № 465. – 12 с.
9. Строительные нормы и правила «Канализация. Наружные сети и сооружения». СНиП 2.04.03-85. – 72 с.
10. Водна рамкова Директива ЄС. – К., 2006. – 240 с.
11. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. / Под общ. ред. В.А. Самотина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
12. Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах/ Сост. А.В. Караушев, А.Я. Шварцман, М.А. Бесценная, Л.И. Фаустова - Ленинград, 1970. – 89 с.
13. Проектирование сооружений для очистки сточных вод. – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.: ил. – (Справ. пособие к СНиП).
14. Канализация населенных мест и промышленных предприятий /Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др. Под общ. ред. В.Н. Самохина/. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат. 1981. – 639 с., ил. – (Справочник проектировщика).
15. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учеб. пособие для вузов /Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, В.И. Калицун / – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат. 1987. – 255 с.: ил.
16. Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов; под ред. С.В. Яковлева / . - 2-е изд., перераб и доп. – М.: Стройиздат. 1985. – 335 с.: ил.
17. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. /За заг. ред. проф. Запольського А.К./ - К.: Лібра, 2000. – 552 с.
18. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПиН 4630–88. Министерство здравоохранения СССР. Москва, 1988 г.
19. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Прикладная гидроэкология» – ХИИГХ, 1993 г.
20. Методические указания к курсовой работе «Расчет норм ПДС промышленного предприятия» - ХИИГХ, 1993 г.
21. Методичні вказівки до організації самостійної роботи з курсу «Прикладна гідроекологія» (для студентів 3-4 курсу денної і заочної форм навчання спеціальностей 7.070801, 8.070801 – «Екологія та охорона навколишнього середовища»). Укл.: Ладиженський В.М., Дмитренко Т.В., Іщенко А.В. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 4 с.

Навчальне видання

ЛАДИЖЕНСЬКИЙ Віктор Миколайович,
ДМИТРЕНКО Тетяна Володимирівна,
ІЩЕНКО Андрій Володимирович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
З ДИСЦИПЛІНИ
“ПРИКЛАДНА ГІДРОЕКОЛОГІЯ”

*(для студентів 2-4 курсів денної і 3-5 курсів заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напрямів підготовки
6.040106 - "Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування")*

Відповідальний за випуск *Е. А. Кучеренко*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *І. О. Рибалка, Т. В. Дмитренко, А. В. Іщенко*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2011, поз. 48 Л

Підп. до друку 06. 04. 2012 р.

Друк на різнографі.

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 9,0

Тираж 30 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,

вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011р.